



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 **Offenlegungsschrift**  
10 **DE 102 01 668 A 1**

51 Int. Cl.<sup>7</sup>:  
H 01 M 8/04

21 Aktenzeichen: 102 01 668.2  
22 Anmeldetag: 17. 1. 2002  
43 Offenlegungstag: 14. 11. 2002

DE 102 01 668 A 1

30 Unionspriorität:  
01-010538 18. 01. 2001 JP  
01-181092 15. 06. 2001 JP  
71 Anmelder:  
Toyota Jidosha Kabushiki Kaisha, Toyota, Aichi, JP  
74 Vertreter:  
WINTER, BRANDL, FÜRNISS, HÜBNER, RÖSS,  
KAISER, POLTE, Partnerschaft, 85354 Freising

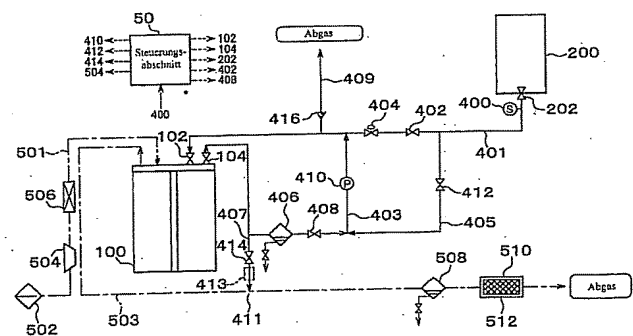
72 Erfinder:  
Yoshizumi, Kiyoshi, Toyota, Aichi, JP; Yanagihara,  
Kazunori, Toyota, Aichi, JP; Ishitoya, Tsukuo,  
Toyota, Aichi, JP; Miura, Shinpei, Toyota, Aichi, JP;  
Nonobe, Yasuhiro, Toyota, Aichi, JP; Mizuno,  
Minobu, Toyota, Aichi, JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 On-Board-Brennstoffzellensystem und Verfahren zum Abgeben von Wasserstoffabgas

57 Verbrauchtes Wasserstoffabgas wird von einer Brennstoffzelle (100) über eine Wasserstoffabgasauslassströmungsleitung (407) abgegeben. Verbrauchtes Sauerstoffabgas wird von der Brennstoffzelle (100) über eine Sauerstoffabgasauslassströmungsleitung (503) abgegeben. Das durch die Sauerstoffabgasauslassströmungsleitung (503) strömende Sauerstoffabgas und das durch die Wasserstoffabgasauslassströmungsleitung (407) strömende Wasserstoffabgas werden in einem Mischabschnitt (411) vermischt und verdünnt. Die im Mischabschnitt (411) vermischte Gase strömen über einen Gas-Flüssigkeit-Separator (508) in einen Brenner (510). Der Brenner (510), der einen Platinumkatalysator (512) beinhaltet, bewirkt, dass im Mischgas enthaltener Wasserstoff durch Verbrennung mit Sauerstoff reagiert, und reduziert die im Mischgas enthaltene Wasserstoffkonzentration weiter. Das Mischgas, dessen Wasserstoffkonzentration durch den Brenner (510) reduziert wurde, wird an die Atmosphäre abgegeben.



DE 102 01 668 A 1

## Beschreibung

## 1. Gebiet der Erfindung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf ein On-board-Brennstoffzellensystem zum Einbau in Fahrzeuge, wie z. B. Kraftfahrzeuge und dergleichen, und auf ein Verfahren zum Abgeben von Wasserstoffabgas.

## 2. Beschreibung des Standes der Technik

[0002] Brennstoffzellen, welche unter Zufuhr von Wasserstoffgas aus Hochdruckwasserstoffgasbehältern, Behältern mit einer Wasserstoff absorbierenden Legierung, oder dergleichen elektrische Leistung bzw. elektrische Energie erzeugen, weisen einen hohen energetischen Wirkungsgrad auf und sind daher als eine Energiequelle für Elektrofahrzeuge und dergleichen vielversprechend.

[0003] Wird solch eine Brennstoffzelle als eine Energiequelle für ein Fahrzeug verwendet, muß das Fahrzeug mit einem Brennstoffzellensystem ausgestattet sein, welches nicht nur die Brennstoffzelle sondern auch eine Wasserstoffgasversorgungsquelle, wie z. B. den Hochdruckwasserstoffgasbehälter oder den, Behälter mit der Wasserstoff absorbierenden Legierung, wie sie vorstehend erwähnt wurden, und Wasserstoffgasströmungsleitungen für die Zufuhr von Wasserstoffgas von der Wasserstoffgasversorgungsquelle zur Brennstoffzelle.

[0004] Da ein in ein Fahrzeug einzurichtendes Brennstoffzellensystem ein höchst brennbares Wasserstoffgas verwendet, ist es notwendig, im Umgang mit Wasserstoffgas Sorgfalt und Aufmerksamkeit anzuwenden. Jedoch wurde dem zum Erzeugen elektrischer Energie in der Brennstoffzelle verbrauchten Wasserstoffabgas bislang wenig Aufmerksamkeit geschenkt. Obwohl dieses Wasserstoffabgas unverbrauchten Wasserstoff enthält, wird es doch unmittelbar an die Atmosphäre abgegeben.

[0005] Angesichts derartiger Umstände haben die Erfinder das nachstehend erläuterte, neue Problem erkannt und beschlossen, es anzugehen.

[0006] Gase, die Wasserstoff enthalten, sind brennbar. Ist die Wasserstoffkonzentration in Gasen, die an die Atmosphäre abgegeben werden, erhöht und liegt zugleich etwas, das als eine Zündquelle wirken könnte, in der Nähe eines Auslasses, durch welchen die Gase abgegeben werden, besteht daher die Gefahr, dass das Wasserstoffabgas Feuer fängt.

## ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0007] Es ist somit die Aufgabe eines Aspekts der Erfindung, ein On-board-Brennstoffzellensystem und ein Verfahren zum Abgeben von Wasserstoffabgas zu schaffen, welche in der Lage sind, dieses Problem zu beheben und Wasserstoffabgas mit einer auf einen ausreichend niedrigen Pegel reduzierten Wasserstoffkonzentration an die Atmosphäre abzugeben.

[0008] Um diese Aufgabe wenigstens teilweise zu lösen, weist ein On-board-Brennstoffzellensystem gemäß einem Aspekt der Erfindung eine Brennstoffzelle, eine erste Strömungsleitung, eine zweite Strömungsleitung, einen Mischabschnitt und eine dritte Strömungsleitung auf. Die Brennstoffzelle wird mit Wasserstoffgas und Oxidationsgas versorgt, erzeugt elektrische Leistung bzw. elektrische Energie unter Verwendung des Wasserstoffgases und Oxidationsgases und gibt verbrauchtes Wasserstoffgas und Sauerstoffabgas ab. Die erste Strömungsleitung führt zu einem Wasserstoffabgasauslassanschluss der Brennstoffzelle. Das abgegebene Wasserstoffabgas strömt durch die erste Strömungs-

leitung. Die zweite Strömungsleitung führt zu einem Sauerstoffabgasauslassanschluss der Brennstoffzelle. Das abgegebene Sauerstoffabgas strömt durch die zweite Strömungsleitung. Der Mischabschnitt nimmt das abgegebene Wasserstoffabgas und das abgegebene Sauerstoffabgas aus der ersten bzw. zweiten Strömungsleitung auf und vermischt das Sauerstoffabgas mit dem Wasserstoffabgas. Die dritte Strömungsleitung führt zum Mischabschnitt. Die vermischten Gase bzw. das Mischgas strömt durch die dritte Strömungsleitung, wodurch das Wasserstoffabgas an die Atmosphäre abgegeben wird.

[0009] Das Verfahren zum Abgeben von Wasserstoffabgas an die Atmosphäre gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung wird auf eine Brennstoffzelle angewandt, die mit Wasserstoffgas und Oxidationsgas versorgt wird, unter Verwendung des Wasserstoffgases und des Oxidationsgases elektrische Energie erzeugt und verbrauchtes Wasserstoffabgas und Sauerstoffabgas abgibt. Dieses Verfahren umfasst im Besonderen die Schritte: Mischen des von der Brennstoffzelle abgegebenen Wasserstoffabgases mit dem abgegebenen Sauerstoffabgas und Abgeben des Mischgases an die Atmosphäre.

[0010] Das On-board-Brennstoffzellensystem gemäß dem einen Aspekt der Erfindung oder das Verfahren zum Abgeben von Wasserstoffabgas gemäß dem weiteren Aspekt der Erfindung ist damit so konzipiert, dass von der Brennstoffzelle abgegebenes Wasserstoffabgas mit ebenfalls von der Brennstoffzelle abgegebenem Sauerstoffabgas vermischt wird. Da Sauerstoffabgas ein stickstoffreiches Gas ist, ermöglicht das vorgenannte Gemisch von Gasen eine Verdünnung des Wasserstoffabgases und eine Reduzierung der im Mischgas enthaltenen Wasserstoffkonzentration. Dementsprechend kann das Mischgas nach einer Reduzierung der Wasserstoffkonzentration an die Atmosphäre abgegeben werden.

[0011] Zur wenigstens teilweisen Lösung der vorgenannten Aufgabe weist ein On-board-Brennstoffzellensystem gemäß einem zweiten Aspekt der Erfindung ein Diffusionsteil auf. Das Diffusionsteil ist an einem Ende einer Strömungsleitung zum Abgeben des von der Brennstoffzelle abgegebenen Wasserstoffabgases oder von Gasen, die das Wasserstoffabgas enthalten, an die Atmosphäre angeordnet. Das Diffusionsteil bewirkt eine Diffusion der aus einer Öffnung am Ende der Strömungsleitung ausströmenden Gase in radialer Richtung der Öffnung.

[0012] Diese Konstruktion stellt sicher, dass Gase aus der Öffnung am Ende der Strömungsleitung unter Diffusion in radialer Richtung der Öffnung an die Atmosphäre abgegeben werden. Das so abgegebene und weit diffundierte Abgas (Wasserstoffabgas) tritt in Kontakt mit Luft, die das Ende der Strömungsleitung umgibt, und wird dementsprechend verdünnt. Somit lässt sich die Wasserstoffkonzentration am Ende der Strömungsleitung problemlos reduzieren.

## KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0013] Fig. 1 ist ein Blockschema eines On-board-Brennstoffzellensystems gemäß einer ersten Ausführungsform der Erfindung.

[0014] Fig. 2 ist ein Ablaufschema, das ein Beispiel für ein Verfahren zum Abgeben von Wasserstoffabgas in dem in Fig. 1 gezeigten On-board-Brennstoffzellensystem veranschaulicht.

[0015] Fig. 3 ist ein Ablaufschema, das ein anderes Beispiel für ein Verfahren zum Abgeben von Wasserstoffabgas in dem in Fig. 1 gezeigten On-board-Brennstoffzellensystem veranschaulicht.

[0016] Fig. 4 ist ein Ablaufschema, das ein weiteres Bei-

spiel für ein Verfahren zum Abgeben von Wasserstoffabgas in dem in Fig. 1 gezeigten On-board-Brennstoffzellensystem veranschaulicht.

[0017] Fig. 5 ist eine Abbildung, die einen Dämpfer zeigt, der zwischen einem Absperrventil 414 und einem Mischabschnitt 411 angeordnet ist, die in Fig. 1 gezeigt sind.

[0018] Fig. 6 ist ein Blockschema eines On-board-Brennstoffzellensystems gemäß einer zweiten Ausführungsform der Erfindung.

[0019] Fig. 7 ist ein Blockschema, eines On-board-Brennstoffzellensystems gemäß einer dritten Ausführungsform der Erfindung.

[0020] Fig. 8 ist eine schematische Perspektivansicht eines wesentlichen Teils eines Wasserstoffabgasauslasssystems.

[0021] Fig. 9 ist eine Abbildung, die einen Bereich in der Umgebung eines Abgasauslassanschlusses 524 zeigt.

[0022] Fig. 10 ist eine Abbildung des Bereichs um den Abgasauslassanschluss 524 in Relation zur Fahrzeugkarrosserie,

[0023] Fig. 11 ist eine Abbildung einer Sauerstoffabgasauslassströmungsleitung 503 und einer Diffusionsplatte 530 gemäß einem Modifikationsbeispiel der Erfindung.

[0024] Fig. 12 ist eine Abbildung eines Dämpfers 413 gemäß dem Modifikationsbeispiel der Erfindung.

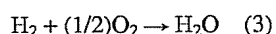
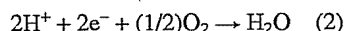
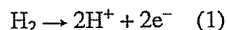
#### AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG BEVORZUGTER AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0025] Nachstehend werden Ausführungsformen der Erfindung beschrieben.

[0026] Fig. 1 ist ein Blockschema eines On-board-Brennstoffzellensystems gemäß einer ersten Ausführungsform der Erfindung. Das Brennstoffzellensystem dieser Ausführungsform ist für den Einbau in ein Fahrzeug, wie z. B. ein Kraftfahrzeug oder dergleichen, konzipiert und besteht in erster Linie aus einer Brennstoffzelle 100 und einem Behälter 200 mit einer Wasserstoff absorbierenden Legierung. Die Brennstoffzelle 100 wird mit wasserstoffgas versorgt und erzeugt elektrische Leistung bzw. Energie. Der Behälter 200 mit der Wasserstoff absorbierenden Legierung versorgt die Brennstoffzelle 100 mit Wasserstoffgas.

[0027] Die Brennstoffzelle 100 wird mit Oxidationsgas, welches Sauerstoff enthält, (beispielsweise Luft) sowie Wasserstoffgas, welches Wasserstoff enthält, versorgt, unterliegt an ihrer Anode (Wasserstoffpol) und Kathode (Sauerstoffpol) elektrochemischen Reaktionen gemäß den nachstehend angegebenen Reaktionsformeln und erzeugt elektrische Energie.

[0028] D. h., wenn die Anode und Kathode mit Wasserstoffgas bzw. Sauerstoffgas versorgt werden, laufen an der Anoden- bzw. Kathodenseite die Reaktionen gemäß den Formeln (1) und (2) ab. In der Brennstoffzelle findet insgesamt die Reaktion gemäß der Formel (3) statt.



[0029] Wenn die so ausgebildete Brennstoffzelle 100 als Energiequelle für ein Fahrzeug verwendet wird, wird ein (nicht gezeigter) Elektromotor durch die von der Brennstoffzelle 100 erzeugte elektrische Energie angetrieben. Das durch den Elektromotor erzeugte Drehmoment wird auf (nicht gezeigte) Achswellen in der Weise übertragen, dass eine Kraft zum Antrieb des Fahrzeugs erhalten wird.

[0030] Die Brennstoffzelle 100 weist einen Stack-Aufbau auf. D. h., dass eine Vielzahl von Einzelzellen gestapelt sind und damit die Brennstoffzelle 100 bilden. Jede der Einzelzellen besteht aus einem (nicht gezeigten) Elektrolytfilm, (nicht gezeigten) Diffusionselektroden und zwei (nicht gezeigten) Separatoren. Die Diffusionselektroden bestehen aus einer Anode und einer Kathode, zwischen welchen der Elektrolytfilm an den gegenüberliegenden Seiten eingesetzt ist. Anode und Kathode befinden sich zwischen den beiden Separatoren. Jeder der Separatoren hat an seinen beiden Oberflächen eine konvex-konkave Form. Befinden sich Anode und Kathode zwischen den Separatoren, sind zwischen der Anode und dem entsprechenden Separator und zwischen der Kathode und dem anderen Separator jeweils ein Einzelzellengasströmungskanal ausgebildet. Das Wasserstoffgas, das – wie vorstehend beschrieben – zugeführt wird, strömt durch den zwischen der Anode und dem entsprechenden Separator ausgebildeten Einzelzellengasströmungskanal. Durch den zwischen der Kathode und dem anderen Separator ausgebildeten Einzelzellengasströmungskanal strömt Oxidationsgas.

[0031] Der Behälter 200 mit der Wasserstoff absorbierenden Legierung enthält eine (nicht gezeigte) Wasserstoff absorbierende Legierung. Die Wasserstoff absorbierende Legierung besitzt allgemein die Eigenschaft, bei einer Wärmezufuhr einer endothermischen Reaktion zu unterliegen und Wasserstoff abzugeben und bei einer Wärmeabfuhr einer exothermen Reaktion zu unterliegen und Wasserstoff zu absorbieren. Dementsprechend wird die Wasserstoff absorbierende Legierung in dem Behälter 200 mit der Wasserstoffgas absorbierenden Legierung mittels eines (nicht gezeigten) Wärmetauschersystems erhitzt, wenn der Wasserstoffgas absorbierenden Legierung Wasserstoff entzogen wird.

[0032] Da die Wasserstoff absorbierende Legierung in der Gegenwart von Verunreinigungen einen Qualitätsverlust erleidet, ist im Behälter 200 mit der Wasserstoff absorbierenden Legierung hochreiner Wasserstoff gespeichert.

[0033] Darüber hinaus weist das Brennstoffzellensystem dieser Ausführungsform, wie es in Fig. 1 gezeigt ist, eine Wasserstoffgasströmungsleitung auf, durch welche Wasserstoffgas im System strömt, eine Oxidationsgasströmungsleitung, durch welche Oxidationsgas im System strömt, und einen Steuerungsabschnitt 50.

[0034] Die Wasserstoffgasströmungsleitung besteht aus einer Hauptströmungsleitung 401, einer Zirkulationsströmungsleitung 403, einer Überbrückungsströmungsleitung 405, einer Auslassströmungsleitung 407 und einer Überdruck- bzw. Entlastungsströmungsleitung 409. Die Hauptströmungsleitung 401 erstreckt sich von einem Auslassanschluss des Behälters 200 mit der Wasserstoff absorbierenden Legierung zu einem Einlassanschluss 102 der Brennstoffzelle 100. Die Zirkulationsströmungsleitung 403 erstreckt sich von einem Auslassanschluss der Brennstoffzelle 100 über eine nachstehend beschriebene Pumpe 410 zur Hauptströmungsleitung 401. Die Überbrückungsströmungsleitung 405 zweigt von der Hauptströmungsleitung 401 ab und führt zur Zirkulationsströmungsleitung 403. Die Auslassströmungsleitung 407 ist für die Abgabe von im zirkulierenden Wasserstoffgas enthaltenen Verunreinigungen konzipiert. Die Entlastungsströmungsleitung 409 ist für die Abgabe von Wasserstoffgas konzipiert, wenn dieses einen abnormen Druck erfährt.

[0035] In der Hauptströmungsleitung 401 ist am Auslassanschluss des Behälters 200 mit der Wasserstoff absorbierenden Legierung ein Absperrventil 202 angeordnet. Die Hauptströmungsleitung 401 erstreckt sich über einen Drucksensor 400, ein Absperrventil 402 und ein Druckreduzierventil 404. Am Einlassanschluss der Brennstoffzelle 100 ist

ein Absperrventil 102 angeordnet. Am Auslassanschluss der Brennstoffzelle 100 ist in der Zirkulationsströmungsleitung 403 ein Absperrventil 104 angeordnet. Die Zirkulationsströmungsleitung 403 erstreckt sich über einen Gas-Flüssigkeit-Separator 406, ein Absperrventil 408 und die Pumpe 410. In der Überbrückungsströmungsleitung 405, der Auslassströmungsleitung 407 und der Entlastungsströmungsleitung 409 sind des weiteren Absperrventile 412, 414 bzw. 416 angeordnet.

[0036] Die Oxidationsgasströmungsleitung umfasst eine Oxidationsgaszufuhrströmungsleitung 501 zum Versorgen der Brennstoffzelle 100 mit Oxidationsgas und eine Sauerstoffabgasauslassströmungsleitung 503 zum Abgeben des von der Brennstoffzelle 100 abgegebenen Sauerstoffabgases.

[0037] In der Oxidationsgaszufuhrströmungsleitung 501 sind ein Luftreiniger 502, ein Kompressor 504 und ein Befeuchter 506 angeordnet. Des Weiteren sind in der Sauerstoffabgasauslassströmungsleitung 503 ein Gas-Flüssigkeit-Separator 508 und ein Brenner 510 angeordnet.

[0038] Die Auslassströmungsleitung 407 in der vorgenannten Wasserstoffgasströmungsleitung ist mit der Sauerstoffabgasauslassströmungsleitung 503 in der vorgenannten Oxidationsgasströmungsleitung verbunden, wobei der Bereich um die Verbindungsstelle einen Mischabschnitt 411 bildet.

[0039] Das vom Drucksensor 400 erhaltene Erfassungsergebnis wird in den Steuerungsabschnitt 50 eingegeben. Der Steuerungsabschnitt 50 steuert die Ventile 102, 104, 202, 402, 408, 412 und 414, die Pumpe 410 und den Kompressor 504. Es wird darauf hingewiesen, dass aus Gründen der Vereinfachung der Zeichnung Steuerleitungen und dergleichen weggelassen wurden.

[0040] Zunächst wird die Oxidationsgasströmung kurz beschrieben. Der Steuerungsabschnitt 50 treibt den Kompressor 504 an, wodurch Atmosphärenluft als Oxidationsgas eingeführt wird. Das Oxidationsgas wird durch den Luftreiniger 502 gereinigt, strömt durch die Oxidationsgaszufuhrströmungsleitung 501 und wird über den Befeuchter 506 der Brennstoffzelle 100 zugeführt. Das so zugeführte Oxidationsgas wird in der Brennstoffzelle 100 für die vorgenannten elektrochemischen Reaktionen verbraucht und anschließend als Sauerstoffabgas abgegeben. Das so abgegebene Sauerstoffabgas strömt durch die Sauerstoffabgasauslassströmungsleitung 503 und wird über den Gas-Flüssigkeit-Separator 508 und den Brenner 510 an die Atmosphäre außerhalb des Fahrzeugs abgegeben.

[0041] Nun wird die Wasserstoffgasströmung beschrieben. Der Steuerungsabschnitt 50 hält das Absperrventil 202 im Behälter 200 mit der Wasserstoff absorbierenden Legierung und die Absperrventile 102, 104 in der Brennstoffzelle 100 grundsätzlich geöffnet, wenn das Brennstoffzellensystem in Betrieb ist, jedoch geschlossen, wenn das Brennstoffzellensystem außer Betrieb ist.

[0042] Während eines normalen Betriebs hält der Steuerungsabschnitt 50 des weiteren das Absperrventil 402 in der Hauptströmungsleitung 401 und das Absperrventil 408 in der Zirkulationsströmungsleitung 403 geöffnet, das Absperrventil 412 in der Überbrückungsströmungsleitung 405 und das Absperrventil 414 in der Auslassströmungsleitung 407 jedoch geschlossen. Das Entlastungsventil 416 bleibt geschlossen, bis dieses beispielsweise mit einem abnormen Druck beaufschlagt wird. Der Drucksensor 400 erfasst den Druck des vom Behälter 200 mit der Wasserstoff absorbierenden Legierung abgegebenen Wasserstoffgases.

[0043] Während eines normalen Betriebs, wird – wie vorstehend beschrieben – die Wasserstoff absorbierende Legierung im Behälter 200 mit der Wasserstoff absorbierenden

Legierung durch das Wärmetauschersystem erhitzt, wodurch Wasserstoffgas abgegeben wird. Das abgegebene Wasserstoffgas strömt durch die Hauptströmungsleitung 401, erfährt durch das Druckreduzierventil 404 eine Druckreduzierung und wird anschließend der Brennstoffzelle 100 zugeführt. Das so zugeführte Wasserstoffgas wird in der Brennstoffzelle 100 während der vorgenannten elektrochemischen Reaktionen verbraucht und anschließend als Wasserstoffabgas abgegeben. Das abgegebene Wasserstoffabgas strömt durch die Zirkulationsströmungsleitung 403, wird durch den Gas-Flüssigkeit-Separator 406 von flüssigen Wasseranteilen befreit, strömt über die Pumpe 410 zur Hauptströmungsleitung 401 zurück und wird anschließend erneut der Brennstoffzelle 100 zugeführt. Dabei wird die in der Zirkulationsströmungsleitung 403 angeordnete Pumpe 410 angetrieben, wodurch das durch die Zirkulationsströmungsleitung 403 strömende Wasserstoffabgas zur Hauptströmungsleitung 401 ausströmt. Während eines normalen Betriebs zirkuliert Wasserstoffgas damit durch die Hauptströmungsleitung 401 und die Zirkulationsströmungsleitung 403.

[0044] Wasserstoffabgas, das von der Brennstoffzelle abgegeben wurde, strömt somit zum Einlassanschluss 102 der Brennstoffzelle 100 zurück, wobei Wasserstoffgas zirkuliert. Selbst wenn die durch die Brennstoffzelle 100 verbrauchte Wasserstoffmenge konstant bleibt, werden daher die scheinbare Menge des der Brennstoffzelle 100 zugeführten Wasserstoffgases und die Strömungsrate des Wasserstoffgases erhöht. Folglich wird ein Zustand geschaffen, der unter dem Aspekt der Versorgung der Brennstoffzelle 100 mit Wasserstoff vorteilhaft ist. Im Ergebnis erhöht sich auch die Ausgangsspannung der Brennstoffzelle 100. Da im Wasserstoffgas enthaltene Verunreinigungen gleichmäßig in der gesamten Wasserstoffgasströmungsleitung verteilt werden, kann ferner nicht passieren, dass die Verunreinigungen die Brennstoffzelle an der Erzeugung elektrischer Energie hindern.

[0045] Verunreinigungen, die im Oxidationsgas enthalten sind, wie zum Beispiel Stickstoff und dergleichen, strömen von der Kathodenseite aus, durchdringen den Elektrolytfilm und entweichen zur Anodenseite. Trotzdem lässt sich infolge der vorstehend beschriebenen Zirkulation des Wasserstoffabgases eine Situation vermeiden, in der sich die Verunreinigungen an der Anode ansammeln. Somit ist es nicht möglich, dass die Brennstoffzelle 100 aufgrund einer Ansammlung von Verunreinigungen, wie zum Beispiel Stickstoff oder dergleichen, an der Erzeugung elektrischer Energie gehindert wird, und dass die Ausgangsspannung der Brennstoffzelle 100 absinkt.

[0046] Der Steuerungsabschnitt 50 steuert den Antrieb der Pumpe 410. Die Strömungsrate des durch die Zirkulationsströmungsleitung 403 strömenden Wasserstoffabgases wird in Abhängigkeit vom Verbrauch der durch die Brennstoffzelle 100 erzeugten elektrischen Energie geändert.

[0047] Während eines normalen Betriebs strömt Wasserstoffgas im wesentlichen so, wie es vorstehend beschrieben wurde. Nun wird die Wasserstoffgasströmung bei einem Kaltstart beschrieben.

[0048] Der Druck des von der Wasserstoff absorbierenden Legierung abgegebenen Wasserstoffs nimmt im Allgemeinen proportional zu einem Temperaturanstieg zu und proportional zu einer Temperaturabnahme ab. Somit ist die Wahrscheinlichkeit, dass Wasserstoff abgegeben wird, kleiner, wenn die Temperatur des Behälters mit der Wasserstoff absorbierenden Legierung abnimmt. Das Brennstoffzellensystem ist daher dafür konzipiert, bei einem Kaltstart mittels der Pumpe 410 Wasserstoffgas aus dem Behälter 200 mit der Wasserstoff absorbierenden Legierung zu entziehen.

[0049] Bei der Inbetriebnahme des Brennstoffzellensystems schließt der Steuerungsabschnitt 50, wenn die Umgebungstemperatur niedrig ist und der durch den Drucksensor 400 erfasste Wasserstoffgasdruck unter einem Referenzdruck liegt, das Absperrventil 402 in der Hauptströmungsleitung 401, das Absperrventil 408 in der Zirkulationsströmungsleitung 403 und das Absperrventil 414 in der Auslassströmungsleitung 407, öffnet das Absperrventil 412 in der Überbrückungsströmungsleitung 405 und treibt die Pumpe 410 mit einer hohen Geschwindigkeit an. Dadurch wird selbst in dem Fall, in dem der Behälter 200 mit der Wasserstoff absorbierenden Legierung eine niedrige Temperatur hat und in dem das abgegebene Wasserstoffgas einen niedrigen Druck aufweist, dem Behälter 200 mit der Wasserstoff absorbierenden Legierung eine ausreichende Menge von absorbiertem Wasserstoffgas entzogen. Das so entzogene Wasserstoffgas tritt aus der Hauptströmungsleitung 401 in die Überbrückungsströmungsleitung 405 ein, strömt durch die Zirkulationsströmungsleitung 403, strömt in die Hauptströmungsleitung 401 zurück und wird der Brennstoffzelle 100 zugeführt. Das so zugeführte Wasserstoffgas wird in der Brennstoffzelle 100 für die elektrochemischen Reaktionen verbraucht, wandelt sich in Wasserstoffabgas um und wird an die Zirkulationsströmungsleitung 403 abgegeben. Die Konzentration der im Wasserstoffabgas enthaltenen Verunreinigungen nimmt im Laufe der Zeit zu. Dementsprechend wird im Hinblick darauf, die Verunreinigungen zu beseitigen, gelegentlich das Absperrventil 414 geöffnet, um Wasserstoffabgas von der Auslassströmungsleitung 407 abzugeben.

[0050] Bei einem Kaltstart strömt Wasserstoffgas, wie es vorstehend beschrieben wurde. Nun erfolgt die ausführliche Beschreibung der Abgabe des Wasserstoffabgases, was die Erfindung charakterisiert.

[0051] Wenn sich das Brennstoffzellensystem in einem normalen Betrieb befindet, wird – wie vorstehend beschrieben – unter dem Gesichtspunkt der gleichmäßigen Verteilung der im Wasserstoffgas enthaltenen Verunreinigungen eine Zirkulation von Wasserstoffgas zur Hauptströmungsleitung 401 erzwungen, indem von der Brennstoffzelle 100 abgegebenes Wasserstoffabgas über die Zirkulationsströmungsleitung 403 zurückströmt. Jedoch entweichen trotz der Homogenisierung des Wasserstoffgases ständig Verunreinigungen von der Kathodenseite zur Anodenseite in der Brennstoffzelle 100. Daher nimmt nach einer gewissen Zeit die Konzentration der Verunreinigungen im homogenisierten Wasserstoffgas ständig zu. Mit der Zunahme der Konzentration der Verunreinigungen nimmt die Konzentration des Wasserstoffs ab.

[0052] Daher ist in der Auslassströmungsleitung 407, die von der Zirkulationsströmungsleitung 403 abzweigt, das Absperrventil 414 angeordnet. Bei einer erhöhten Konzentration von Verunreinigungen im zirkulierenden Wasserstoffgas öffnet der Steuerungsabschnitt 50 das Absperrventil 414, um einen Teil des zirkulierenden Wasserstoffgases, das Verunreinigungen enthält, abzugeben. Dadurch wird ein Teil des Wasserstoffgases, welches die Verunreinigungen enthält, von der Zirkulationsleitung abgegeben, und dementsprechend reines Wasserstoffgas aus dem Behälter 200 mit der Wasserstoff absorbierenden Legierung eingeführt. Auf diese Weise wird die Konzentration der Verunreinigungen im Wasserstoffgas vermindert. Andererseits wird die Konzentration des Wasserstoffs erhöht. Im Ergebnis kann die Brennstoffzelle 100 kontinuierlich und in angemessener Weise elektrische Energie erzeugen. Wenngleich das Intervall, in dem das Absperrventil 414 geöffnet wird, in Abhängigkeit vom Betriebszustand oder der Ausgangsleistung variiert, kann es beispielsweise in Intervallen von

etwa fünf Sekunden geöffnet werden.

[0053] Wie vorstehend beschrieben wird in der Brennstoffzelle 100 an der Kathodenseite Wasser ( $H_2O$ ) gemäß der Formel (2) erzeugt. Das Wasser entweicht als Wasserdampf von der Kathodenseite über den Elektrolytfilm zur Anodenseite. In dieser Ausführungsform lässt sich, wenn durch das Öffnen des Absperrventils 414 Wasserstoffgas abgegeben wird, infolge der Druckdifferenz eine starke Wasserstoffgasströmung hervorrufen. Durch den Impuls der starken Strömung lassen sich Wasseranteile in der Brennstoffzelle ausblasen. Selbst wenn Wasser (Wasserdampf), das in Abhängigkeit vom Verlauf der Reaktion gemäß der Formel (2) kondensiert und sich an der Anodenseite in den Einzelzellen niederschlägt, bläst die vorstehend erwähnte starke Wasserstoffgasströmung das Wasser aus. Daher wird die Wasserstoffgasströmung in die Brennstoffzelle nicht behindert.

[0054] Diese Ausführungsform ist nicht dafür konzipiert, die Konzentration der Verunreinigungen im zirkulierenden Wasserstoffgas oder dergleichen zu erfassen, sondern aus in der Vergangenheit gespeicherten Daten im Voraus den Zeitraum zu ermitteln, der erforderlich ist, damit die Konzentration der Verunreinigungen eine unzulässige Konzentration erreicht. Der Steuerungsabschnitt 50 misst mittels eines Zeitgebers die vergangene Zeit und öffnet das Absperrventil 414 in regelmäßigen Zeitintervallen. Es ist jedoch auch möglich, in der Wasserstoffgasströmungsleitung einen Wasserstoffkonzentrationsensor oder dergleichen anzuordnen, die Wasserstoffkonzentration im zirkulierenden Wasserstoffgas zu erfassen und das Absperrventil 414 zu öffnen, wenn die Konzentration unter eine Referenzkonzentration fällt.

[0055] Wasserstoffgas, das vom Absperrventil 414 abgegeben wird, strömt anschließend durch die Auslassströmungsleitung 407, wird der Sauerstoffabgasauslassströmungsleitung 503 zugeführt, und wird mit im Mischabschnitt 411 mit dem durch die Sauerstoffabgasauslassströmungsleitung 503 strömenden Sauerstoffabgas vermischt. Da vom Absperrventil 414 abgegebenes Wasserstoffgas Wasserstoffabgas ist, ist die Wasserstoffkonzentration relativ niedrig. Gleichmaßen ist von der Brennstoffzelle 100 abgegebenes Sauerstoffabgas stickstoffreiches Gas, dem in der Brennstoffzelle 100 Sauerstoff entzogen wurde. Wenn das Wasserstoffabgas somit mit dem Sauerstoffabgas vermischt und verdünnt wird, wird dementsprechend die Konzentration des im Mischgas enthaltenen Wasserstoffs weiter reduziert.

[0056] Das Gas, dass im Mischabschnitt 411 vermischt wurde, strömt anschließend über den Gas-Flüssigkeitsapparat 508 in den Brenner 510. Der Brenner 510 ist mit einem Platinkatalysator 512 versehen. Der Brenner 510 bewirkt eine Reaktion des im Mischgas enthaltenen Wasserstoffs und Sauerstoffs durch Verbrennung und führt zu einer weiteren Reduzierung der im Mischgas enthaltenen Wasserstoffkonzentration.

[0057] Das Mischgas, dessen Wasserstoffkonzentration durch den Brenner 510 auf diese Weise reduziert wurden, werden anschließend an die Atmosphäre abgegeben. Da der im Mischgas enthaltene Wasserstoff und Sauerstoff mit Hilfe des Katalysators somit miteinander reagieren, kann das Mischgas in einem Zustand an die Atmosphäre abgegeben werden, in dem die Wasserstoffkonzentration weiter reduziert wurde.

[0058] Das von der Brennstoffzelle 100 abgegebene Sauerstoffabgas enthält – wie vorstehend beschrieben – eine große Menge an Wasseranteilen; die Wasseranteile neigen dazu, zu kondensieren und sich in Wassertropfen umzuwandeln, wenn die Sauerstoffabgasauslassströmungsleitung 503

lang ist. Selbst wenn dieses Sauerstoffabgas im Mischabschnitt **411** mit Wasserstoffabgas vermischt wird, enthält das Mischgas dementsprechend weiterhin Wasser. Wenn das Mischgas durch den Brenner **510** strömt, kann das Wasser daher kondensieren, in Tropfen umschlagen und sich am Platinkatalysator **12** niederschlagen. Da diese Ausführungsform – wie vorstehend beschrieben – so konzipiert ist, dass der Gas-Flüssigkeit-Separator **508** vor dem Brenner **510** vorgesehen ist, um das im Mischgas enthaltene flüssige Wasser zu beseitigen, kann verhindert werden, dass sich Wassertropfen am Platinkatalysator **512** im Brenner **510** niederschlagen, und der Platinkatalysator **512** aktiviert gehalten werden.

[0059] Selbst wenn das Absperrventil **414** geöffnet wird, während die Brennstoffzelle **100** zum Erzeugen von elektrischer Energie in Betrieb ist, fällt die Ausgangsspannung der Brennstoffzelle **100** nur momentan ab. Da die Ausgangsspannung der Brennstoffzelle **100** nicht wesentlich abfällt, ergibt sich daraus kein Problem.

[0060] Wie es vorstehend beschrieben wurde, ist diese Ausführung dafür konzipiert, das von der Brennstoffzelle **100** abgegebene Wasserstoffabgas durch Mischen mit Sauerstoffabgas im Mischabschnitt **411** zu verdünnen und die Konzentration des im Mischgas enthaltenen Wasserstoffs mittels des Brenners **510** zu vermindern. Somit kann das Mischgas an die Atmosphäre abgegeben werden, nachdem die Wasserstoffkonzentration auf einen ausreichend niedrigen Pegel reduziert wurde. Da verhindert wird, dass Wasserstoffgas, während es eine hohe Wasserstoffkonzentration aufweist, versehentlich an die Atmosphäre abgegeben wird, führt dies zu einem vorteilhaften Ergebnis. Da das Mischgas an die Atmosphäre abgegeben wird, nachdem die Wasserstoffkonzentration auf eine Konzentration vermindert wurde, die niedrig genug ist, um eine Entzündung effektiv zu verhindern, kann ferner die Zuverlässigkeit im Hinblick auf die Vermeidung einer Entzündung erhöht werden.

[0061] Selbst wenn eine große Wasserstoffabgasmenge abgegeben wird, wenn der Steuerungsabschnitt **50** das Absperrventil **414** öffnet, um Wasserstoffabgas an den Mischabschnitt **411** abzugeben, werden im Hinblick darauf unternommen, den Zustand der Verdünnung basierend auf dem Gemisch mit Sauerstoffabgas im Mischabschnitt **411** zu erhalten und die Zuverlässigkeit im Hinblick auf die Vermeidung einer Entzündung zu erhöhen, die folgenden Maßnahmen.

[0062] Diese Ausführungsform ist so konzipiert, dass sie eines der folgenden vier Verfahren entsprechend den vorgenannten Maßnahmen wählt, um die Zuverlässigkeit im Hinblick auf die Vermeidung einer Entzündung zu erhöhen.

[0063] Unter Bezugnahme auf **Fig. 2** wird zunächst das erste Verfahren beschrieben. **Fig. 2** ist ein Ablaufschema, das ein Beispiel für ein Verfahren zum Abgeben von Wasserstoffabgas in dem in **Fig. 1** gezeigten On-board-Brennstoffzellensystem veranschaulicht.

[0064] Wenn auf der Basis der vergangenen Zeit durch den Sensor oder dergleichen erfasst wird, dass die Konzentration der Verunreinigungen in dem zirkulierenden Wasserstoffgas eine unzulässige Konzentration erreicht hat, leitet der Steuerungsabschnitt **50** die in **Fig. 2** gezeigte Routine ein. Zunächst führt der Steuerungsabschnitt **50** eine Steuerung in der Weise durch, dass der in der Oxidationsgaszufuhrströmungsleitung **501** angeordnete Kompressor **504** mit einer Ausgangsleistung, die gleich oder größer ist als eine spezifische Ausgangsleistung, angetrieben wird (beispielsweise der maximalen Ausgangsleistung) (Schritt **S102**). Dadurch wird die Strömungsrate des über den Luftreiniger **502** eingeführten Oxidationsgases erhöht. Die Strömungsrate des von der Brennstoffzelle **100** abgegebenen und durch die

Sauerstoffabgasauslassströmungsleitung **503** strömenden Sauerstoffabgases wird dementsprechend ebenfalls erhöht. Dann öffnet der Steuerungsabschnitt **50** das Absperrventil **414** (**S104**), um zirkulierendes Wasserstoffgas (Wasserstoffabgas) vom Absperrventil **414** an den Mischabschnitt **411** abzugeben. Nachdem eine bestimmte Öffnungszeit vergangen ist (Schritt **S106**), wird das Absperrventil **414** geschlossen (Schritt **S108**). Die in **Fig. 2** gezeigte Routine wird damit beendet. Die Öffnungszeit für das Absperrventil **414** beträgt vorzugsweise gleich oder weniger als 1 Sekunde. Die Öffnungszeit für das Absperrventil **414** beträgt vorzugsweise insbesondere etwa 500 Millisekunden.

[0065] In dem Fall, in dem dieses Verfahren angewandt wird, wurde, wenn das Absperrventil **414** geöffnet wird, um Wasserstoffabgas an den Mischabschnitt **411** abzugeben, die Strömungsrate des durch die Sauerstoffabgasauslassströmungsleitung **503** strömenden Sauerstoffabgases erhöht. Selbst für den Fall, dass eine große Wasserstoffgasmenge abgegeben wurde, wird das Wasserstoffabgas daher mit einer großen Menge stickstoffreichen Gases verdünnt, wenn es mit dem Sauerstoffabgas im Mischabschnitt **411** vermischt wird. Dementsprechend lässt sich die im Mischgas enthaltene Wasserstoffkonzentration vermindern. Das Mischgas kann an die Atmosphäre in einem Zustand abgegeben werden, in dem die Wasserstoffkonzentration vermindert ist. Daher kann die Zuverlässigkeit im Hinblick auf die Vermeidung einer Entzündung erhöht werden.

[0066] Unter Bezugnahme auf **Fig. 3** wird nun das zweite Verfahren beschrieben. **Fig. 3** ist ein Ablaufschema, das ein anderes Beispiel für ein Verfahren zum Abgeben von Wasserstoffabgas in den in **Fig. 1** gezeigten On-board-Brennstoffzellensystem veranschaulicht.

[0067] Das in **Fig. 2** gezeigte Verfahren ist dafür konzipiert, beim Öffnen des Absperrventils **414** den Kompressor **504** beispielsweise mit maximaler Ausgangsleistung anzutreiben, so dass Wasserstoffabgas abgegeben wird, nachdem die Strömungsrate des Sauerstoffabgases erhöht wurde. Wird der Kompressor **504** jedoch ungeachtet des Fahrzustands des Fahrzeugs, während das Fahrzeug sich beispielsweise in Fahrt befindet, mit maximaler Ausgangsleistung angetrieben, so ist zu befürchten, dass der Fahrer eine Unstimmigkeit spürt. Genauer gesagt nimmt der Fahrer, wenn der Kompressor **504** im Hinblick auf die Abgabe von Wasserstoffabgas während einer Kriechbewegung des Fahrzeugs mit maximaler Ausgangsleistung angetrieben wird, ein Unstimmigkeitsgefühl wahr, welches auf ein lautes Drehgeräusch, auf Vibrationen und dergleichen zurückzuführen ist, die durch den Kompressor **504** ungeachtet der Tatsache, dass das Fahrzeug eine Kriechbewegung ausführt, erzeugt werden.

[0068] Das zweite Verfahren ist daher dafür konzipiert, das Absperrventil **414** entsprechend dem Antriebszustand des Kompressors **504** zu öffnen, welcher sich in Abhängigkeit vom Fahrzustand des Fahrzeugs (d. h. von den Lastschwankungen) ändert.

[0069] Genauer gesagt wartet der Steuerungsabschnitt **50**, sobald die in **Fig. 3** gezeigte Routine eingeleitet wird, zunächst ab, bis die Ausgangsleistung des Kompressors **504** eine spezifische Ausgangsleistung überschreitet (Schritt **S202**). Die Ausgangsleistung des Kompressors **504** kann aus dem Ausgangssignal eines am Kompressor **504** angebrachten Drehzahlsensors oder dergleichen ermittelt werden.

[0070] Wenn sich die Ausgangsleistung des Kompressors **504** anschließend entsprechend dem Fahrzustand des Fahrzeugs ändert und eine spezifische Ausgangsleistung überschreitet, öffnet der Steuerungsabschnitt **50** das Absperrventil **414** (Schritt **S204**). Dadurch kann zu einem Zeitpunkt, an



dem die Strömungsrate des durch die Sauerstoffabgasauslassströmungsleitung 503 strömenden Sauerstoffabgases erhöht ist, vom Absperrventil 414 an den Mischabschnitt 411 Wasserstoffabgas abgegeben werden. Wenn anschließend eine vorgegebene Öffnungszeit vergangen ist (Schritt S206), wird das Absperrventil 414 geschlossen (Schritt S208). Die in Fig. 3 gezeigte Routine wird damit beendet.

[0071] In dem Fall, in dem dieses Verfahren angewandt wird, wird Wasserstoffabgas, da es – wie vorstehend beschrieben – im Ansprechen auf eine Zunahme der Strömungsrate des Sauerstoffabgases an den Mischabschnitt 411 abgegeben wird, wie im Fall des in Fig. 2 gezeigten Verfahrens genügend mit einer großen Menge stickstoffreichen Gases verdünnt, wenn es im Mischabschnitt 411 mit Sauerstoffabgas vermischt wird. Dementsprechend kann die im Mischgas enthaltene Wasserstoffkonzentration vermindert werden, und das Mischgas kann an die Atmosphäre in einem Zustand abgeben werden, in dem die Wasserstoffkonzentration vermindert ist. Im Ergebnis lässt sich die Zuverlässigkeit im Hinblick auf die Vermeidung einer Entzündung erhöhen.

[0072] Da sich der Antrieb des Kompressors 504 ausschließlich in Abhängigkeit vom Fahrzeugzustand des Fahrzeugs ändert, stehen das Drehgeräusch, die Vibrationen und dergleichen des Kompressors 504 in Einklang mit dem Fahrzeugzustand des Fahrzeugs. Daher steht nicht zu befürchten, dass der Fahrer ein Unstimmigkeitsgefühl wahrnimmt.

[0073] Unter Bezugnahme auf Fig. 4 wird nun das dritte Verfahren beschrieben. Fig. 4 ist ein Ablaufschema, das ein weiteres Beispiel für ein Verfahren zum Abgeben von Wasserstoffabgas in dem in Fig. 1 gezeigten On-board-Brennstoffzellensystem veranschaulicht. Sobald die in Fig. 4 gezeigte Routine eingeleitet ist, öffnet der Steuerungsabschnitt 50 zunächst das Absperrventil 414 (Schritt S302) und schließt es unmittelbar (Schritt S304). Dann bestimmt der Steuerungsabschnitt 50, ob seit der Einleitung der Routine eine vorgegebene Zeit vergangen ist oder nicht (Schritt S306). Wenn die vorgegebene Zeit noch nicht vergangen ist, werden die vorgenannten Maßnahmen wiederholt. Dadurch wird das Absperrventil 414 in Intervallen von einem relativ kurzen Zeitraum wiederholt geöffnet und geschlossen. Wenn anschließend die vorgegebene Zeit vergangen ist, wird die in Fig. 4 gezeigte Routine beendet. In dem Fall, in dem dieses Verfahren angewandt wird, wird das Absperrventil 414 in Intervallen von einem relativ kurzen Zeitraum wiederholt geöffnet und geschlossen. Daher wird Wasserstoffabgas zu diskreten Zeitpunkten, die in Intervallen von einem relativ kurzen Zeitraum liegen, an den Mischabschnitt 411 abgegeben, wobei zu jedem Zeitpunkt eine kleine Menge Wasserstoffabgas abgegeben wird. Auch wenn beim Mischen des Wasserstoffabgases mit dem Sauerstoffabgas im Mischabschnitt 411 die Strömungsrate des Sauerstoffabgases nicht erhöht ist, lässt sich das Wasserstoffabgas dementsprechend ausreichend verdünnen. Die im Mischgas enthaltene Wasserstoffkonzentration wird somit vermindert. Daher kann das Mischgas an die Atmosphäre in einem Zustand abgegeben werden, in dem der Wasserstoff eine ausreichend niedrige Konzentration aufweist. Im Ergebnis kann die Zuverlässigkeit im Hinblick auf die Vermeidung einer Entzündung erhöht werden.

[0074] Unter Bezugnahme auf Fig. 5 wird nun das vierte Verfahren beschrieben. Bei diesem Verfahren wurde im voraus zwischen dem Absperrventil 414, und dem Mischabschnitt 411 in der in Fig. 1 gezeigten Zirkulationsströmungsleitung 403 der in Fig. 5 gezeigte Dämpfer 413 angeordnet. Fig. 5 ist eine grafische Darstellung, die den Dämpfer zeigt, der zwischen dem in Fig. 1 gezeigten Mischabschnitt 411 und dem Absperrventil 414 angeordnet ist.

[0075] Wie es in Fig. 5 gezeigt ist, hat der Dämpfer 413 einen Auslass- und einen Einlassanschluss, wobei der Auslassanschluss im Durchmesser kleiner ist als der Einlassanschluss. Des weiteren ist in einem Zwischenabschnitt zwischen dem Auslass- und Einlassanschluss ein großvolumiger Raum definiert. Dementsprechend strömt das Wasserstoffabgas, wenn es in den Dämpfer 413 strömt, auch in dem Fall, wenn der Steuerungsabschnitt 50 das Absperrventil 414 geöffnet und anschließend wieder geschlossen hat, wodurch innerhalb einer kurzen Zeit vom Absperrventil 414 eine große Menge Wasserstoffabgas abgegeben wurde, gegen einen Widerstand und verbleibt im Zwischenraum, da der Auslassanschluss einen kleineren Durchmesser aufweist. Das Wasserstoffabgas strömt nämlich nur nach und nach aus dem Auslassanschluss in den Mischabschnitt 411. Wenn die Strömungsrate des in den Mischabschnitt 411 strömenden Wasserstoffabgases vermindert ist, ist dementsprechend auch in dem Fall eine ausreichende Verdünnung des Wasserstoffabgases möglich, in dem beim Mischen des Wasserstoffabgases mit dem Sauerstoffabgas im Mischabschnitt 411 das Sauerstoffabgas keine erhöhte Strömungsrate aufweist. Somit lässt sich die im Mischgas enthaltene Wasserstoffkonzentration ausreichend vermindern, wodurch das Mischgas in einem Zustand von einer niedrigen Wasserstoffkonzentration an die Atmosphäre abgegeben werden kann. Im Ergebnis kann die Zuverlässigkeit im Hinblick auf die Vermeidung einer Entzündung erhöht werden.

[0076] Fig. 6 ist eine grafische Darstellung eines On-board-Brennstoffzellensystems gemäß einer zweiten Ausführungsform der Erfindung. Im Gegensatz zum Brennstoffzellensystem der ersten Ausführungsform, das als Wasserstoffgasversorgungsquelle den Behälter 200 mit der Wasserstoff absorbierenden Legierung verwendet, macht das Brennstoffzellensystem dieser Ausführungsform anstelle des Behälters 200 mit der Wasserstoff absorbierenden Legierung Gebrauch von einem Hochdruckwasserstoffgasbehälter 300.

[0077] Der Hochdruckwasserstoffgasbehälter 300 ist mit Hochdruckwasserstoffgas gefüllt. Wenn ein am Fuß des Hochdruckwasserstoffgasbehälters 300 befestigtes Absperrventil 302 geöffnet wird, wird Wasserstoffgas mit einem Druck von etwa 20 bis 35 MPa abgegeben.

[0078] Da die Brennstoffzelle 100 im Aufbau mit derjenigen der ersten Ausführungsform identisch ist, enthält eine erneute Beschreibung.

[0079] Wenngleich das Brennstoffzellensystem dieser Ausführungsform eine Wasserstoffgasströmungsleitung, eine Oxidationsgasströmungsleitung und die Steuerung 50 aufweist, wie es in Fig. 6 gezeigt ist, ist die Oxidationsgasströmungsleitung im übrigen im Aufbau identisch mit derjenigen der ersten Ausführungsform und wird daher nachstehend nicht erneut beschrieben.

[0080] Die Wasserstoffgasströmungsleitung besteht aus der Hauptströmungsleitung 401, der Zirkulationsströmungsleitung 403, der Auslassströmungsleitung 407 und der Entlastungsströmungsleitung 409. Die Hauptströmungsleitung 401 erstreckt sich von einem Auslassanschluss des Hochdruckwasserstoffgasbehälters 300 zum Einlassanschluss der Brennstoffzelle 100. Die Zirkulationsströmungsleitung 403 erstreckt sich vom Auslassanschluss der Brennstoffzelle 100 über die Pumpe 410 zurück zur Hauptströmungsleitung 401. Die Auslassströmungsleitung 407 ist für die Abgabe von Verunreinigungen im zirkulierenden Wasserstoffgas konzipiert. Die Entlastungsströmungsleitung 409 ist für die Abgabe von Wasserstoffgas mit einem abnormen Druck konzipiert. Da diese Ausführungsform den Hochdruckwasserstoffgasbehälter 300 als eine Wasserstoffgasversorgungsquelle verwendet, kann Hochdruckwasserstoffgas abgegeben werden. Da somit kein Bedarf besteht, bei einem Kalt-

start wie im Fall des Behälters 200 mit der Wasserstoff absorbierenden Legierung Wasserstoffgas zu entziehen, kommt diese Ausführungsform ohne die Überbrückungsströmungsleitung 405 aus.

[0081] Das Absperrventil 302 ist in der Hauptströmungsleitung 401 an einem Auslassanschluss des Hochdruckwasserstoffgasbehälters 300 angeordnet. Die Hauptströmungsleitung 401 erstreckt sich über ein Druckreduzierventil 418, einen Wärmetauscher 420, ein Druckreduzierventil 422 und einen Gas-Flüssigkeit-Separator 425. Das Absperrventil 102 ist am Einlassanschluss der Brennstoffzelle 100 angeordnet. Das Absperrventil 104 ist in der Zirkulationsströmungsleitung 403 am Auslassanschluss der Brennstoffzelle 100 angeordnet. Die Zirkulationsströmungsleitung 403 erstreckt sich über den Gas-Flüssigkeits-Separator 406, die Pumpe 410 und ein Rückschlagventil 426. Die zweite Ausführungsform ist mit der ersten Ausführungsform darin identisch, dass das Absperrventil 414 in der Auslassströmungsleitung 407 angeordnet ist, dass das Entlastungsventil 416 in der Entlastungsströmungsleitung 409 angeordnet ist, dass die Auslassströmungsleitung 407 mit der Sauerstoffabgasauslassströmungsleitung 503 in Verbindung steht, und dass der Bereich um die Verbindungsstelle zwischen der Auslassströmungsleitung 407 und der Sauerstoffabgasauslassströmungsleitung 503 den Mischabschnitt 411 bildet.

[0082] Das vom Drucksensor 400 erhaltene Erfassungsergebnis wird in den Steuerungsabschnitt 50 eingegeben. Der Steuerungsabschnitt 50 steuert die Absperrventile 102, 104, 302 und 414, die Pumpe 410 und den Kompressor 504. Es wird darauf hingewiesen, dass aus Gründen der Vereinfachung der Zeichnung Steuerleitungen und dergleichen weggelassen wurden.

[0083] Nun wird die Wasserstoffgasströmung kurz beschrieben. Oxidationsgas strömt in derselben Weise wie im Fall der ersten Ausführungsform, so dass in der nachstehenden Beschreibung auf die Oxidationsgasströmung nicht eingegangen wird.

[0084] Der Steuerungsabschnitt 50 hält das Absperrventil 302 im Hochdruckwasserstoffgasbehälter 300 und die Absperrventile 102, 104 in der Brennstoffzelle 100 grundsätzlich geöffnet, wenn das Brennstoffzellensystem in Betrieb ist, jedoch geschlossen, wenn das Brennstoffzellensystem außer Betrieb ist.

[0085] Des weiteren hält der Steuerungsabschnitt 50 während eines normalen Betriebs das Absperrventil 414 in der Auslassströmungsleitung 407 geschlossen. Das Entlastungsventil 416 ist wie im Fall der ersten Ausführungsform beispielsweise solange geschlossen, bis es einen abnormen Druck erfährt.

[0086] Wie vorstehend beschrieben wird, wenn der Steuerungsabschnitt 50 das Absperrventil 302 während eines normalen Betriebs öffnet, Wasserstoffgas aus dem Hochdruckwasserstoffgasbehälter 300 abgegeben. Das abgegebene Wasserstoffgas strömt durch die Hauptströmungsleitung 401, erfährt durch das Druckreduzierventil 418 eine Druckreduzierung und wird durch den Wärmetauscher 420 erwärmt. Das erwärmte Wasserstoffgas erfährt durch das Druckreduzierventil 422 eine weitere Druckreduzierung, wird durch den Gas-Flüssigkeit-Separator 425 von flüssigen Wasseranteilen im Wasserstoffgas befreit und wird der Brennstoffzelle 100 zugeführt. Das so zugeführte Wasserstoffgas wird für die vorgenannten elektrochemischen Reaktionen in der Brennstoffzelle 100 verbraucht und anschließend als Wasserstoffabgas abgegeben. Das abgegebene Wasserabgas strömt durch die Zirkulationsströmungsleitung 403, wird durch den Gas-Flüssigkeit-Separator 406 von seinen flüssigen Wasseranteilen befreit, strömt über die Pumpe 410 zur Hauptströmungsleitung 401 zurück, und wird der

Brennstoffzelle 100 erneut zugeführt. Dabei wird die in der Zirkulationsströmungsleitung 403 angeordnete Pumpe 410 wie im Fall der ersten Ausführungsform angetrieben, wodurch das durch die Zirkulationsströmungsleitung 403 strömende Wasserstoffabgas zur Hauptströmungsleitung 401 ausströmt. Während eines normalen Betriebs zirkuliert Wasserstoffgas somit durch die Hauptströmungsleitung 401 und die Zirkulationsströmungsleitung 403. Das Rückschlagventil 426 ist in der Zirkulationsströmungsleitung 403 zwischen der Verbindungsstelle mit der Hauptströmungsleitung 401 und der Pumpe 410 angeordnet, um eine Rückwärtsströmung des zirkulierenden Wasserstoffabgases zu verhindern. [0087] In dieser Ausführungsform strömt Wasserstoffgas, wie es vorstehend beschrieben wurde. Nun wird die Abgabe von Wasserstoffabgas, wodurch die Erfindung charakterisiert ist, im Detail beschrieben.

[0088] Wie im Fall der ersten Ausführungsform ist auch diese Ausführungsform so konzipiert, dass in der Auslassströmungsleitung 407, die von der Zirkulationsströmungsleitung 403 abzweigt, das Absperrventil 414 angeordnet, um Wasserstoffgas (Wasserstoffabgas) abzugeben, welches Verunreinigungen enthält. Das vom Absperrventil 414 abgegebene Wasserstoffabgas wird mit Sauerstoffabgas, das durch die Sauerstoffabgasauslassströmungsleitung 503 strömt, im Mischabschnitt 411 vermischt und verdünnt, wodurch die Konzentration des im Mischgas enthaltenen Wasserstoffs vermindert wird. Desweiteren wird das Mischgas über den Gas-Flüssigkeit-Separator 508 in den Brenner 510 eingeleitet. Der im Mischgas enthaltene Wasserstoff wird mit Hilfe des Platinkatalysators 512 im Brenner 510 zur Reaktion mit Sauerstoff gebracht, so dass die Konzentration des im Mischgas enthaltenen Wasserstoffs weiter vermindert wird. Auf diese Weise wird anschließend das Mischgas, dessen Wasserstoffkonzentration durch den Brenner 510 vermindert wurde, an die Atmosphäre abgegeben.

[0089] Wie im Fall der ersten Ausführungsform ist diese Ausführungsform dementsprechend ebenfalls so konzipiert, dass von der Brennstoffzelle 100 abgegebenes Wasserstoffabgas im Mischabschnitt 411 mit Sauerstoffabgas vermischt und verdünnt wird und die im Mischgas enthaltene Wasserstoffkonzentration durch den Brenner 510 vermindert wird. Das Mischgas wird daher nach einer Verminderung der Wasserstoffkonzentration auf eine Konzentration, die niedrig genug ist, um eine Entzündung effektiv zu verhindern, an die Atmosphäre abgeben. Daher kann die Zuverlässigkeit im Hinblick auf die Vermeidung einer Entzündung erhöht werden.

[0090] Um eine weitere Steigerung der Zuverlässigkeit zu erreichen, ist diese Ausführungsform des weiteren so konzipiert, dass sie eines der vier im Zusammenhang mit der Beschreibung der ersten Ausführungsform erwähnten Verfahren wählt, um das Absperrventil 414 zu öffnen und Wasserstoffabgas abzugeben.

[0091] Da in der ersten Ausführungsform Wasserstoffgas, das aus dem Behälter 200 mit der Wasserstoff absorbierenden Legierung ausströmt, bei einem Kaltstart durch die Zirkulationsströmungsleitung 403 strömt, zweigt die Auslassströmungsleitung 407 von einer Stelle zwischen dem Absperrventil 408 und dem Absperrventil 104 der Brennstoffzelle 100 ab, wie es in Fig. 1 gezeigt ist. Da in dieser Ausführungsform jedoch ausschließlich Wasserstoffabgas durch die Zirkulationsströmungsleitung 403 strömt, zweigt die Auslassströmungsleitung 407 von einer Stelle stromabwärts der Pumpe 410 ab. Die Pumpe 410 beaufschlagt somit stromabwärts der Pumpe 410 strömendes Wasserstoffabgas mit Druck. Daher ermöglicht diese Ausführungsform die Abgabe von Wasserstoffabgas unter Zwang durch Öffnen des Absperrventils 414.



[0092] Fig. 7 ist eine Blockscheema eines On-board-Brennstoffzellensystems gemäß der dritten Ausführungsform der Erfindung. Das Brennstoffzellensystem der dritten Ausführungsform weist dieselbe Brennstoffzelle 100 auf, wie sie in der ersten Ausführungsform Verwendung findet, und verwendet denselben Hochdruckwasserstoffgasbehälter 300, wie er in der zweiten Ausführungsform als Wasserstoffgasversorgungsquelle Verwendung findet. In dieser Ausführungsform sind vier Hochdruckwasserstoffgasbehälter 300 im Fahrzeug eingerichtet. Auch in diesem Fall ist es möglich, wie im Fall der ersten Ausführungsform einen Behälter 200 mit einer Wasserstoff absorbierenden Legierung zu verwenden. Es wird darauf hingewiesen, dass die Bestandteile und dergleichen, die dieselben Funktionen wie in der vorstehenden ersten und zweiten Ausführungsform ausführen, mit denselben Bezugszeichen bezeichnet sind und in der nachfolgenden Beschreibung nicht erwähnt werden.

[0093] Im Brennstoffzellensystem der dritten Ausführungsform sind, wie es in Fig. 7 gezeigt ist, die Wasserstoffgasströmungsleitung und die Oxidationsgasströmungsleitung des Brennstoffzellensystems in der Konstruktion teilweise von denjenigen der vorstehenden Ausführungsformen verschieden.

[0094] Wie im Fall der vorstehenden Ausführungsformen weist die Wasserstoffgasströmungsleitung die Hauptströmungsleitung 401, die sich vom Hochdruckwasserstoffgasbehälter 300 zur Brennstoffzelle 100 erstreckt, die Zirkulationsströmungsleitung 403 der Brennstoffzelle 100, die Auslassströmungsleitung 407, die für die Abgabe von Verunreinigungen konzipiert ist, und die Entlastungsströmungsleitung 409 auf, die für die Abgabe von Wasserstoffgas bei einer abnormen Druckbeaufschlagung konzipiert ist. Die Wasserstoffgasströmungsleitung dieser Ausführungsform weist desweiteren eine weitere Entlastungsströmungsleitung 430, eine Leckageüberprüfungsströmungsleitung 427 und eine Zufuhrströmungsleitung 432 auf. Die Entlastungsströmungsleitung 430 ist dafür konzipiert, die Zuverlässigkeit bei der Abgabe von Wasserstoffgas bei einer abnormen Druckbeaufschlagung 430 zu erhöhen. Die Leckageüberprüfungsströmungsleitung 427 dient der Überprüfung, ob Wasserstoffgas entweicht. Die Zufuhrströmungsleitung 432 erstreckt sich von einem Wasserstoffgaszufuhranschluss 429 zu einem Füllanschluss des Hochdruckwasserstoffgasbehälters 300.

[0095] Neben dem am Auslassanschluss des Hochdruckwasserstoffgasbehälters 300 angeordneten Absperrventils 302 weist die Hauptströmungsleitung 401 ein manuelles Auslassventil 304, das Druckreduzierventil 418, einen Wärmetauscher 420 und das Druckreduzierventil 422 auf. Wie im Fall der zweiten Ausführungsform ist die Zirkulationsströmungsleitung 403 mit dem Gas-Flüssigkeit-Separator 406 und dergleichen versehen und lässt Wasserstoffabgas mittels der Pumpe 410 über das Rückschlagventil 426 zirkulieren. In der Zufuhrströmungsleitung 432 sind am Füllanschluss des Hochdruckwasserstoffgasbehälters 300 ein Rückschlagventil 306 und ein manuelles Füllventil 308 angeordnet. Die Auslassströmungsleitung 407 weist das Absperrventil 414 und einen Wasserstoffverdünner 424 auf. Die Entlastungsströmungsleitungen 430, 409 weisen ein Entlastungsventil 415 bzw. das Entlastungsventil 416 auf. Die Leckageüberprüfungsströmungsleitung 427 weist einen Leckageprüfanschluss 428 auf.

[0096] Wie in den vorstehenden Ausführungsformen weist die Oxidationsgasströmungsleitung die Oxidationsgaszufuhrströmungsleitung 501 zum Versorgen der Brennstoffzelle 100 mit Oxidationsgas und die Sauerstoffabgasauslassströmungsleitung 503 zum Abgeben von Sauerstoffabgas auf. Die Oxidationsgasströmungsleitung dieser Aus-

führungsform weist des weiteren eine Sauerstoffabgas einleitende Abzweigströmungsleitung 505 zum Einleiten von Sauerstoffabgas in den nachstehend beschriebenen Wasserstoffverdünner 424 und eine Wasserzirkulationsströmungsleitung 601 zum Entfernen von Wasser aus der Sauerstoffabgas einleitenden Abzweigströmungsleitung 505 auf.

[0097] Die Bestandteile in der Oxidationsgaszufuhrströmungsleitung 501 sind in der Konstruktion mit denjenigen der zweiten Ausführungsform identisch. Der Befeuchter 506 ist dafür konzipiert, auch das Gas in der Sauerstoffabgasauslassströmungsleitung 503 zu befeuchten. Die Sauerstoffabgasauslassströmungsleitung 503 weist ein Druckregelventil 509, den vorgenannten Befeuchter 506, einen Gas-Flüssigkeit-Separator 520 und einen als Schalldämpfer dienenden Dämpfer 522 auf, die in dieser Reihenfolge ausgehend von der Brennstoffzelle 100 angeordnet sind. Am Ende der Sauerstoffabgasauslassströmungsleitung 503 ist ein Abgasauslassanschluss 524 vorgesehen.

[0098] Die Wasserzirkulationsströmungsleitung 601 weist Pumpen 602, 606, einen Befeuchtungswasserbehälter 604 und einen Injektor 608 auf. Die Wasserzirkulationsströmungsleitung 601 ist so konzipiert, dass Wasser, das durch den Gas-Flüssigkeit-Separator 520 abgesondert wurde, hindurch zirkuliert und der Oxidationsgaszufuhrströmungsleitung 501 über die Pumpen 602, 606 zugeführt wird.

[0099] Des weiteren werden die von verschiedenen (nicht gezeigten) Sensoren erhaltenen Erfassungsergebnisse in den Steuerungsabschnitt 50 eingegeben. Der Steuerungsabschnitt 50 steuert die Absperrventile 102, 104, 302 und 414, die Pumpen 410, 602 und 606, und den Kompressor 504. Die Pumpe 410, der Kompressor 504, die Pumpen 602, 606 und dergleichen werden jeweils durch einen (nicht gezeigten) entsprechenden Motor angetrieben. Das manuelle Auslassventil 304 und das manuelle Füllventil 308 werden manuell geöffnet und geschlossen.

[0100] Nun werden die Gasströmungen beschrieben. Zunächst wird die Oxidationsgasströmung erläutert. Wenn der Steuerungsabschnitt 50 den Kompressor 504 antreibt, wird Atmosphärenluft als Oxidationsgas aufgenommen, wie im Fall der ersten und zweiten Ausführungsform. Dieses Oxidationsgas wird durch den Luftreiniger 502 gereinigt, und durch den Kompressor 504 mit Druck beaufschlagt und der Brennstoffzellen 100 über den Befeuchter 506 zugeführt.

[0101] Das so zugeführte Oxidationsgas wird für die vorgenannten elektrochemischen Reaktionen in der Brennstoffzelle 100 verbraucht und anschließend als Sauerstoffabgas abgegeben. Das abgegebene Sauerstoffabgas strömt durch die Sauerstoffabgasauslassströmungsleitung 503 und gelangt durch das Druckregelventil 509 erneut in den Befeuchter 506.

[0102] Da – wie vorstehend beschrieben – in der Brennstoffzelle 100 an der Kathodenseite gemäß der Formel (2) Wasser ( $H_2O$ ) erzeugt wird, ist das von der Brennstoffzelle 100 abgegebene Sauerstoffabgas sehr nass und enthält eine große Menge an Wasseranteilen. Andererseits weist Oxidationsgas (Luft), das aus Atmosphäre eingeführt und durch den Kompressor 504 mit Druck beaufschlagt wird, eine geringe Feuchtigkeit auf. Diese Ausführungsform ist so konzipiert, dass sowohl die Oxidationsgaszufuhrströmungsleitung 501 als auch die Sauerstoffabgasauslassströmungsleitung 503 durch den Befeuchter 506 verlaufen und das zwischen diesen Leitungen Wasserdampf ausgetauscht wird, um Wasseranteile vom sehr nassen Sauerstoffabgas zum trockenen Oxidationsgas übertragen werden. Im Ergebnis ist aus dem Befeuchter 506 strömendes und der Brennstoffzelle 100 zugeführtes Oxidationsgas bis zu einem gewissen Grad nass und aus dem Befeuchter 506 strömendes und an die Atmosphäre außerhalb des Fahrzeuges abgegebenes

Sauerstoffabgas bis zu einem gewissen Grad trocken. Dadurch werden die folgenden Vorteile erzielt.

[0103] Zunächst wird verhindert, dass Sauerstoffabgas durch die Sauerstoffabgasauslassströmungsleitung 503 unmittelbar an die Atmosphäre außerhalb des Fahrzeugs abgegeben wird, während es aufgrund des Wassers, das – wie vorstehend beschrieben – erzeugt wird, noch sehr nass ist. Daher besteht keine Gefahr, dass sich auch bei einer sehr niedrigen Umgebungstemperatur, beispielsweise während der kalten Jahreszeit, Dampfschwaden aus Wasserdampf vom Abgasauslassanschluss 524 des Fahrzeugs ausbreiten. Zweitens kann nicht passieren, dass aus dem Kompressor 504 strömendes Oxidationsgas (Luft) der Brennstoffzelle 100 zugeführt wird, während es noch trocken ist. Somit wird verhindert, dass die kathodenseitige Oberfläche des Elektrolytfilms in der Brennstoffzelle 100 trocken wird. Daher wird die Wirksamkeit der vorgenannten elektrochemischen Reaktionen nicht beeinträchtigt.

[0104] Sauerstoffabgas, das im Befeuchter 506 bis zu einem gewissen Grad getrocknet wurde, strömt so in den Gas-Flüssigkeit-Separator 520. Der Gas-Flüssigkeit-Separator 520 trennt das aus dem Befeuchter 506 strömende Sauerstoffabgas in die gasförmigen Bestandteile und die flüssigen Bestandteile und befreit das Sauerstoffabgas von seinen flüssigen Wasseranteilen, um es dadurch trockener zu machen. Die abgeführten Wasseranteile werden als Recyclingwasser wieder in den Kreislauf zurückgeführt, durch die Pumpe 602 hochgepumpt und im Befeuchtungswasserbehälter 604 gespeichert. Dieses Recyclingwasser wird durch die Pumpe 606 dem Injektor 608 zugeführt, durch den Injektor 608 an einem Einlassanschluss des Kompressors 504 eingesprüht und mit dem aus dem Luftreiniger 502 strömenden Oxidationsgas vermischt. Dadurch wird das durch die Oxidationsgaszufuhrströmungsleitung 501 strömende Oxidationsgas nasser.

[0105] Wie vorstehend beschrieben wird Sauerstoffabgas, das im Gas-Flüssigkeit-Separator 50 trockener wurde, durch den Dämpfer 522 anschließend gedämpft und aus dem Abgasauslassanschluss 524 an die Atmosphäre außerhalb des Fahrzeugs abgegeben.

[0106] Nun wird die Wasserstoffgasströmung beschrieben. Während eines normalen Betriebes ist das manuelle Auslassventil 304 im Hochdruckwasserstoffgasbehälter 300 ständig geöffnet und das manuelle Füllventil 308 ständig geschlossen.

[0107] Das Absperrventil 302 im Hochdruckwasserstoffgasbehälter 300 und die Absperrventile 102, 104 in der Brennstoffzelle 100 werden in derselben Weise wie in der zweiten Ausführungsform geöffnet und geschlossen.

[0108] Des weiteren hält der Steuerungsabschnitt 50 das Absperrventil 414 in der Auslassströmungsleitung 407 während des Betriebs geschlossen. Die Entlastungsventile 415, 416 sind beispielsweise solange geschlossen, bis sie mit einem abnormen Druck beaufschlagt werden.

[0109] Während des Betriebs erfährt das Wasserstoffgas im Hochdruckwasserstoffgasbehälter 300, – wie vorstehend beschrieben –, wenn der Steuerungsabschnitt 50 das Absperrventil 302 öffnet, durch das Druckreduzierventil 418 eine Druckreduzierung, wird durch den Wärmetauscher 24 erwärmt, erfährt durch das Druckreduzierventil 422 eine weitere Druckreduzierung, wird durch den Gas-Flüssigkeit-Separator 425 von seinen flüssigen Wasseranteilen befreit und wird wie im Fall der zweiten Ausführungsform der Brennstoffzelle 100 zugeführt. Das so zugeführte Wasserstoffgas wird für die vorgenannten elektrochemischen Reaktionen in der Brennstoffzelle 100 verbraucht und anschließend als Wasserstoffabgas abgegeben. Das abgegebene Wasserstoffabgas wird durch die Pumpe 410 beschleunigt, strömt aus

der Zirkulationsströmungsleitung 403 zur Hauptströmungsleitung 401 zurück und wird der Brennstoffzelle 100 erneut zugeführt. Das in der Zirkulationsströmungsleitung 403 angeordnete Rückschlagventil 426 verhindert eine Rückwärtsströmung des zirkulierenden Wasserstoffabgases.

[0110] Diese Ausführungsform ist, wie es vorstehend im Zusammenhang mit der Beschreibung der ersten Ausführungsform bereits erwähnt wurde, dafür konzipiert, die Ausgangsspannung der Brennstoffzelle 100 durch das so zurückströmende Wasserstoffabgas zur Hauptströmungsleitung 401 und durch das Erzwingen einer Zirkulation des Wasserstoffgases zu erhöhen.

[0111] Diese Ausführungsform ist, wie es bereits in Zusammenhang mit der Beschreibung der ersten Ausführungsform erwähnt wurde, ferner dafür konzipiert, durch die Zirkulation des Wasserstoffabgases zu verhindern, dass sich im Oxidationsgas enthaltene Verunreinigungen, wie z. B. Stickstoff und dergleichen, ansammeln, und dass die Ausgangsspannung der Brennstoffzelle 100 abfällt.

[0112] Der Steuerungsabschnitt 50 steuert den Antrieb der Pumpe 410, die die Strömungsrate des durch die Zirkulationsströmungsleitung 403 strömenden Wasserstoffabgases in Abhängigkeit von der Verbrauchsmenge der durch die Brennstoffzelle 100 erzeugten elektrischen Energie verändert.

[0113] In der Nähe des Auslasses des Hochdruckwasserstoffbehälters 300 sind zwei Druckreduzierventile, nämlich das Druckreduzierventil 418 für eine primäre Druckreduzierung und das Druckreduzierventil 422 für eine sekundäre Druckreduzierung, angeordnet. Diese Druckreduzierventile reduzieren den Druck des Hochdruckwasserstoffgases im Hochdruckwasserstoffgasbehälter 300 in zwei Stufen. Genauer gesagt führt das Druckreduzierventil 418 für die primäre Druckreduzierung eine Druckreduzierung von einem Druck im Bereich von etwa 20 bis 35 MPa bis auf etwa 0,8 bis 1 MPa und das Druckreduzierventil 422 für die sekundäre Druckreduzierung eine Druckreduzierung von einem Druck im Bereich von etwa 0,8 bis 1 MPa bis auf etwa 0,2 bis 0,3 MPa durch. Im Ergebnis wird die Brennstoffzelle 100 nicht durch die Zufuhr von Hochdruckwasserstoffgas beschädigt. Dies gilt auch für die zweite Ausführungsform.

[0114] Das Druckreduzierventil 418 für die primäre Druckreduzierung reduziert den Druck des Hochdruckwasserstoffgases von einem Druck im Bereich von etwa 20 bis 35 MPa bis auf etwa 0,8 bis 1 MPa. Da Wasserstoff aus dem Hochdruckwasserstoffgasbehälter 300 abgegeben wird, wobei es sich ausdehnt, ändert sich die Temperatur des abgegebenen Wasserstoffs in Abhängigkeit von dessen Druck und Strömungsrate. Diese Ausführungsform macht von einem Mechanismus Gebrauch, bei dem Wasserstoffgas, dessen Druck reduziert wurde, einem Wärmeaustausch in dem zwischen dem Druckreduzierventil 418 für die primäre Druckreduzierung und dem Druckreduzierventil 422 für die sekundäre Druckreduzierung angeordneten Wärmetauscher unterzogen wird. Wenngleich es in der Zeichnung nicht gezeigt ist, wird der Wärmetauscher 420 mit Kühlmittel versorgt, das durch die Brennstoffzelle 100 zirkuliert. Zwischen dem Kühlmittel und dem Wasserstoffgas, dessen Temperatur sich geändert hat, wird Wärme ausgetauscht. Wenn Wasserstoffgas durch den Wärmetauscher 420 strömt, kommt dessen Temperatur in einen im Wesentlichen geeigneten Temperaturbereich. Das Wasserstoffgas kann somit der Brennstoffzelle 100 zugeführt werden. Dementsprechend ist es möglich, eine Temperatur zu erzielen, die ausreichend ist, um die Reaktionen in der Brennstoffzelle 100 herbeizuführen. Daher laufen die elektrochemischen Reaktionen ab, so dass es möglich ist, einen geeigneten Betrieb zum Erzeugen elektrischer Energie durchzuführen. Dies gilt auch für die

zweite Ausführungsform.

[0115] Wie vorstehend beschrieben wird an der Kathodenseite in der Brennstoffzelle 900 gemäß der Formel (2) Wasser ( $H_2O$ ) produziert, das von der Kathodenseite durch den Elektrolytfilm als Wasserdampf zur Anodenseite gelangt. Dementsprechend ist das von der Brennstoffzelle 100 abgegebene Wasserstoffabgas nass und enthält eine beträchtlich große Menge an Wasseranteilen. Diese Ausführungsform ist so konzipiert, dass sich die Zirkulationsströmungsleitung 403 über den Gas-Flüssigkeit-Separator 406 erstreckt, dass der Gas-Flüssigkeit-Separator 406 die Wasseranteile im Wasserstoffabgas in gasförmige und flüssige Anteile trennt und die flüssigen Anteile abführt, und nur die gasförmigen Anteile (Wasserdampf) zusammen mit anderen Gasen der Pumpe 410 zugeführt werden. Dadurch werden nur die gasförmigen Wasseranteile im Wasserstoffabgas wieder der Hauptströmungsleitung 401 zugeführt. D. h., es ist unmöglich, dass die Brennstoffzelle 100 mit einem Gemisch aus flüssigen und gasförmigen Wasseranteilen versorgt wird. Die Wasserstoffgasströmungsleitung wird auf diese Weise nicht durch ein Gemisch aus gasförmigen und flüssigen Anteilen blockiert. Daher erzeugt die Brennstoffzelle 100 kontinuierlich elektrische Energie in einem guten Zustand, so dass weder die Ausgangsspannung der Einzelzellen noch die Menge der elektrischen Energie, die durch die gesamte Brennstoffzelle 100 erzeugt wird, abfällt. Dies gilt auch für die zweite Ausführungsform.

[0116] Wie vorstehend beschrieben, wird Wasserstoffgas in Zirkulation versetzt, um im Wasserstoffgas enthaltene Verunreinigungen gleichmäßig zu verteilen. Jedoch dringen auch trotz des so homogenisierten Wasserstoffgases ständig Verunreinigungen von der Kathodenseite zur Anodenseite in der Brennstoffzelle 100. Daher nimmt die Konzentration der Verunreinigungen im homogenisierten Wasserstoffgas im Laufe einer langen Zeit nach und nach zu. Wenn die Konzentration der Verunreinigungen zunimmt, nimmt die Konzentration des Wasserstoffs ab.

[0117] Daher ist in der Auslassströmungsleitung 407, die von der Zirkulationsströmungsleitung 403 abzweigt, das Absperrventil 414 angeordnet, das vom Steuerungsabschnitt 50 in regelmäßigen Intervallen geöffnet wird, um einen Teil des zirkulierenden Wasserstoffgases, das Verunreinigungen enthält, abzugeben. Wenn das Absperrventil 414 geöffnet wird, wird ein Teil des Wasserstoffgases, das Verunreinigungen enthält, aus der Zirkulationsströmungsleitung abgegeben und eine entsprechende Menge reines Wasserstoffgas aus dem Hochdruckwasserstoffgasbehälter 300 eingeführt. Dadurch wird die Konzentration der Verunreinigungen im Wasserstoffgas reduziert. Andererseits wird die Konzentration des Wasserstoffs erhöht. Im Ergebnis kann die Brennstoffzelle 100 kontinuierlich in angemessener Weise elektrische Energie erzeugen. Wenngleich das Intervall, in dem das Absperrventil 414 geöffnet wird, in Abhängigkeit vom Betriebszustand oder der Ausgangsleistung variiert, kann das Absperrventil 414 beispielsweise in Intervallen von etwa 5 Sekunden geöffnet werden.

[0118] Selbst wenn das Absperrventil 414 geöffnet wird, während die Brennstoffzelle 100 in Betrieb ist, um elektrische Energie zu erzeugen, fällt die Ausgangsspannung der Brennstoffzelle 100 nur momentan ab. Da die Ausgangsspannung der Brennstoffzelle 100 nicht wesentlich abfällt, ergibt sich daraus kein Problem. Die Öffnungszeit für das Absperrventil 414 beträgt vorzugsweise gleich oder weniger als 1 Sekunde. Die Öffnungszeit für das Absperrventil 414 beträgt vorzugsweise insbesondere etwa 500 Millisekunden.

[0119] Nun wird der Aufbau eines Auslasssystems für das Wasserstoffabgas und die Abgabe des Wasserstoffabgases betrieben. Fig. 8 ist eine schematische Perspektivansicht ei-

nes wesentlichen Teils des Auslasssystems für das Wasserstoffabgas. Wasserstoffgas, das vom Absperrventil 414 abgegeben wurde, strömt durch die Auslassströmungsleitung 407 und wird dem Wasserstoffverdünner 424 zugeführt.

5 Dem Wasserstoffverdünner 424 wird des weiteren Sauerstoffabgas zugeführt, das durch die Sauerstoffabgas einleitende Abzweigströmungsleitung 505 geströmt ist, welche von der Sauerstoffabgasauslassströmungsleitung 503 abzweigt.

10 [0120] Der Wasserstoffverdünner 424 ist ein kastenförmiger Körper, in dem eine Mischkammer 424a zum Mischen der Gase ausgebildet ist. Diese Mischkammer hat ein größeres Volumen als die Zufuhrgasströmungsleitungen (die Auslassströmungsleitung 407 und die Sauerstoffabgas einleitende Abzweigströmungsleitung 505). Eine Abschirmplatte 424b unterteilt die Mischkammer 424a in der Weise, dass die Gasströmungsleitung eine Zick-Zack-Form aufweist. Der Wasserstoffverdünner 424 mit einer derartigen Konstruktion verdünnt vom Absperrventil 414 abgegebenes Wasserstoffgas durch Mischen des Wasserstoffgases und des Sauerstoffabgases, die – wie, vorstehend beschrieben – der Mischkammer 424a zugeführt werden. Das verdünnte Wasserstoffgas wird der Sauerstoffabgasauslassströmungsleitung 503 zugeführt und weiter mit Sauerstoffabgas vermischt, das durch die Sauerstoffabgasauslassströmungsleitung 503 strömt. Die so vermischten Gase strömen durch eine stromabwärts angeordnete Strömungsleitung 407a der Auslassströmungsleitung 407, vermischen sich mit dem Gas in der Sauerstoffabgasauslassströmungsleitung 503 stromabwärts des Dämpfers 522 und werden vom Abgasauslassanschluss 524 an die Atmosphäre außerhalb des Fahrzeugs abgegeben.

25 [0121] Diese Ausführungsform, die für die Abgabe von Wasserstoffabgas in dieser Weise konzipiert ist, weist die folgenden Vorteile auf.

[0122] Zunächst werden Wasserstoffabgas und Sauerstoffabgas in die Mischkammer 424a des Wasserstoffverdünners 424 eingeführt. Beide Gase werden in der Mischkammer 424a, die ein großes Volumen aufweist, vermischt und verdünnt. Da das Volumen der Mischkammer vergrößert ist, werden Wasserstoffabgas und Sauerstoffabgas effizient miteinander vermischt. Daher wird eine zuverlässige Verdünnung des Wasserstoffabgases und damit eine Reduzierung der Wasserstoffkonzentration ermöglicht.

45 [0123] Die Sauerstoffabgasauslassströmungsleitung 503 ist im übrigen dafür konzipiert, Sauerstoffabgas durch die Strömungsleitung, die von einer Stelle stromaufwärts des Dämpfers 522 abzweigt, in den Wasserstoffverdünner 424 einzuleiten und das Mischgas mit dem stromabwärts des Dämpfers 522 strömenden Gases zu vermischen. Aus konstruktionsbedingten Gründen ist es unvermeidbar, dass der Dämpfer 522 einen Druckverlust des hindurch strömenden Fluids (Sauerstoffabgas) verursacht. Aufgrund dieses Druckverlusts entsteht eine Differenz zwischen dem Druck in der Strömungsleitung stromaufwärts des Dämpfers und dem Druck in der Strömungsleitung stromabwärts des Dämpfers. Diese Ausführungsform ist so konzipiert, dass eine Druckdifferenz derart erzeugt wird, dass der Druck an der Stelle, an der die stromabwärtige Strömungsleitung 407a mit der Sauerstoffabgasauslassströmungsleitung 503 verschmilzt, niedriger ist als der Druck an der Stelle, an der die Sauerstoffabgas einleitende Abzweigströmungsleitung 505 von der Sauerstoffabgasauslassströmungsleitung 503 abzweigt. Diese Druckdifferenz ermöglicht es, Sauerstoffabgas durch die Sauerstoffabgas einleitende Abzweigströmungsleitung 505 zuverlässig in die Mischkammer 424a des Wasserstoffverdünners 424 einzuleiten. Daher kann auch ohne Verwendung eines speziellen Systems Sauerstoffabgas

eingeleitet werden. Des weiteren lassen sich die Konstruktion und Steuerungslogik des Systems vereinfachen und die Kosten reduzieren. Da die Gase in der Mischkammer 424a, die ein vergrößertes Volumen aufweist, vermischt werden und hindurch strömen, lässt sich während des Durchströmens der Gase ferner ein Geräuschdämpfungseffekt erzielen.

[0124] Der Mischabschnitt 411 der ersten und zweiten Ausführungsform ist die Stelle, an der die stromabwärtige Strömungsleitung 407a mit der Sauerstoffabgasauslassströmungsleitung 503 zusammenläuft. Gemäß der dritten Ausführungsform wird somit verdünntes Wasserstoffabgas, das vom Wasserstoffverdünner 424 abgegeben wurde, mit durch die Sauerstoffabgasauslassströmungsleitung 503 strömendem Wasserstoffabgas vermischt und weiter verdünnt, wodurch sich die Konzentration des im Mischgas enthaltenen Wasserstoffs weiter reduzieren lässt.

[0125] Im Ergebnis ermöglicht diese Ausführungsform, dass Wasserstoffabgas erst dann an die Atmosphäre abgegeben wird, nachdem Maßnahmen ergriffen wurden, um die Wasserstoffkonzentration auf eine Konzentration zu reduzieren, die niedrig genug ist, um eine Entzündung effektiv zu verhindern. Auf diese Weise lässt sich die Zuverlässigkeit im Hinblick auf die Vermeidung einer Entzündung erhöhen.

[0126] Zum Zweck einer weiteren Erhöhung der Zuverlässigkeit ist die dritte Ausführungsform ferner so konzipiert, dass sie eines der im Zusammenhang mit der Beschreibung der ersten Ausführungsform erwähnten vier Verfahren wählt, um das Absperrventil 414 zu öffnen und Wasserstoffabgas abzugeben.

[0127] Wenn andererseits eine abnorme Situation, wie z. B. ein Defekt der Druckreduzierventile 418, 422 oder dergleichen eintritt, kann der Druck des der Brennstoffzelle 100 zugeführten Wasserstoffgases übermäßig ansteigen. Diese Ausführungsform ist daher so konzipiert, dass die Entlastungsströmungsleitung 430, die von der Hauptströmungsleitung 401 an einer Stelle nach dem Druckreduzierventil 418 abzweigt, sich über das Entlastungsventil 415 erstreckt, dass das Entlastungsventil 415 geöffnet wird, wenn der Wasserstoffgasdruck in der sich vom Druckreduzierventil 418 zum Druckreduzierventil 422 erstreckenden Hauptströmungsleitung 401 gleich oder größer wird als ein vorgegebener Wert, und dass das Entlastungsventil 416 geöffnet wird, wenn der Wasserstoffgasdruck in der sich vom Druckreduzierventil 422 zur Brennstoffzelle 100 erstreckenden Hauptströmungsleitung 401 gleich oder größer wird als ein vorgegebener Wert. Dadurch wird Wasserstoffgas an die Atmosphäre außerhalb des Fahrzeugs abgegeben, was einen weiteren Anstieg des Wasserstoffgasdrucks verhindert.

[0128] Der Hochdruckwasserstoffgasbehälter 300 wird in der folgenden Weise mit Wasserstoffgas befüllt. Ein (nicht gezeigtes) Wasserstoffgaszufuhrrohr wird an den Wasserstoffgaszufuhranschluss 429 angeschlossen, das an einer Seite des Fahrzeugs vorgesehen ist. Durch ein manuelles Öffnen des manuellen Füllventils 308, das am Hochdruckwasserstoffbehälter 300 angebracht ist, strömt vom Wasserstoffgaszufuhrrohr zugeführtes Hochdruckwasserstoffgas über die Zufuhrströmungsleitung 432 in den Hochdruckwasserstoffgasbehälter 300 und befüllt diesen. Das Rückschlagventil 306 ist am Fuß des Hochdruckwasserstoffgasbehälters 300 angeordnet, um zu verhindern, dass Wasserstoffgas, das den Hochdruckwasserstoffgasbehälter 300 befüllt, zurück strömt.

[0129] Nun wird ein in dieser Ausführungsform zum Einsatz kommender Gasauslassmechanismus am Abgasauslassanschluss 524 beschrieben. Fig. 9 ist eine schematische Ansicht, die den Bereich um den Abgasauslassanschluss 524

veranschaulicht. Fig. 10 ist eine schematische Ansicht des Bereichs um den Abgasauslassanschluss 524 in Bezug auf die Fahrzeugkarosserie. Wie es in diesen Zeichnungen gezeigt ist, weist die Sauerstoffabgasauslassströmungsleitung 503 eine scheibenförmige Diffusionsplatte 530 auf, die dem Abgasauslassanschluss 524 gegenüberliegt, der am Ende der Diffusionsplatte 530 angeordnet ist. Die Diffusionsplatte 530 ist durch einen Trägerarm 532 an der Sauerstoffabgasauslassströmungsleitung 503 befestigt.

[0130] Wie es in Fig. 10 gezeigt ist, erstreckt sich die Sauerstoffabgasauslassströmungsleitung 503 zur hinteren Stoßstange B der Fahrzeugkarosserie S. Aus einer seitlichen Betrachtung der Fahrzeugkarosserie ergibt sich, dass ein Stoßstangeneinfassungsabschnitt BS die Diffusionsplatte 530 und den Abgasauslassanschluss 524 abschirmt. Ein Schutz 536 ist in der Weise angeordnet, dass er den Abgasauslassanschluss 524 und die Diffusionsplatte 530 abschirmt.

[0131] Der Schutz 536 wird erhalten, indem in ein rostbeständiges Plattenmaterial mittels einer Stanzpresse oder dergleichen Löcher gestanzt werden und das Plattenmaterial schalenförmig ausgebildet wird. Der Schutz 536 ist in seinem sich vom Stoßstangeneinfassungsabschnitt BS zum Zentrum der Fahrzeugkarosserie erstreckenden Bereich an der Sauerstoffabgasauslassströmungsleitung 503 befestigt. Diese Ausführungsform ist so konzipiert, dass der Schutz 536 in der Weise angebracht ist, dass er einen gewissen Abstand zum Abgasauslassanschluss 524 oder zur Diffusionsplatte 530 aufweist und die gestanzten Löcher einen Durchmesser von etwa 5 mm haben. Die gestanzten Löcher sind so angeordnet, dass das aus dem Abgasauslassanschluss 524 strömende Abgas die Löcher durchsetzen kann, ohne unglücklicherweise darin zu verbleiben. Die gestanzten Löcher sind vom Abgasauslassanschluss 524 oder der Diffusionsplatte 530 in solch einem Abstand angeordnet, dass die Entzündungsquelle nicht unmittelbar in den Abgasauslassanschluss 524 gerät. Die gestanzten Löcher weisen zweckmäßigerweise solch einen minimalen Durchmesser auf, dass ein Durchtritt der Gase und der Stanzpresse noch möglich ist, d. h. etwa 1 bis 2 mm. Die gestanzten Löcher weisen zweckmäßigerweise solch einen maximalen Durchmesser auf, dass ein unmittelbarer Eintritt einer Entzündungsquelle in den Abgasauslassanschluss 524 im wesentlichen verhindert wird, d. h. etwa 8 mm.

[0132] Da in dieser Ausführungsform die Diffusionsplatte 530 vorgesehen ist, trifft vom Abgasauslassanschluss 524 abgegebenes Gas auf die Diffusionsplatte 530, wird in Radialrichtung der Öffnung des Abgasauslassanschlusses 524 zerstreut, breitet sich überall aus und wird mit der Atmosphäre vermischt. D. h., das Gas wird von der Endöffnung der Gasströmungsleitung an die Atmosphäre abgegeben, wobei es in radialer Richtung der Öffnung diffundiert. Da das so abgegebene und überall diffundierte Abgas (Wasserstoffabgas) weitaus öfter mit der Luft in Kontakt tritt, die das Ende der Sauerstoffabgasauslassströmungsleitung 503 umgibt, wird der Verdünnungsprozeß des Abgases (Wasserstoffabgas) entsprechend gefördert. Daher lässt sich eine Situation vermeiden, in der die Abgabe von Gas mit einer hohen Wasserstoffkonzentration weitergeht. Die Wasserstoffkonzentration kann auch an der Stelle, an der das Gas abgegeben wird (am Ende der Strömungsleitung), vermindert werden. Im Ergebnis wird zusätzlich zu dem Effekt der Verdünnung durch den Wasserstoffverdünner 424 und der auf dem Verschmelzen der stromabwärtigen Strömungsleitung 407a basierenden Verdünnung die Möglichkeit geschaffen, die Wasserstoffkonzentration zuverlässig zu reduzieren und die Zuverlässigkeit im Hinblick auf die Vermeidung einer Entzündung zu erhöhen.

[0133] Diese Ausführungsform ist so konzipiert, dass die

Sauerstoffabgasauslassströmungsleitung **503** aus einem rostbeständigen Stahl hergestellt ist und einen Durchmesser von etwa 40 mm aufweist, und dass die Diffusionsplatte **530**, die einen Durchmesser von etwa 100 bis 150 mm aufweist, um etwa 30 bis 50 mm vom Ende der Auslassströmungsleitung beabstandet ist. Solch ein Diffusionsteil kann verschiedenartig konzipiert sein. Beispielsweise kann das Diffusionsteil dem Ende der Strömungsleitung gegenüberliegen oder in der Öffnung am Ende einer trompetenartig aufgeweiteten Strömungsleitung vorgesehen sein.

[0134] Der löchrige Schutz **536** (das Abschirmteil) ist in der Weise angeordnet, dass es den Abgasauslassanschluss **524** und die Diffusionsplatte **530** abschirmt. Dieses Abschirmteil erlaubt einen Durchtritt des vom Ende der Strömungsleitung ausströmenden Gases und ist in dem vorgenannten Abstand vom Abgasauslassanschluss **524** oder der Diffusionsplatte **530** beabstandet, wodurch ein unmittelbarer Eintritt einer Entzündungsquelle in den Abgasauslassanschluss **524** verhindert werden kann. Daher lässt sich zusätzlich zu dem vorgenannten Effekt der Verminderung der Wasserstoffkonzentration durch den Wasserstoffverdünner **524** oder dergleichen die Zuverlässigkeit im Hinblick auf die Vermeidung einer Entzündung des aus dem Abgasauslassanschluss **524** strömenden Abgases (Wasserstoffabgas) weiter erhöhen. Außerdem erreicht ein von einem Reifen aufgeworfener Stein oder dergleichen zwar den Schutz **536**, jedoch nicht den Abgasauslassanschluss **524** oder die Diffusionsplatte **530**. Somit kann verhindert werden, dass die Strömungsleitung durch einen hochgeschleuderten Stein oder dergleichen beschädigt wird.

[0135] Wenngleich die vorstehend erwähnte Ausführungsform Gebrauch macht von sowohl der Diffusionsplatte **530** als auch dem Schutz **536**, kann sie auch so konzipiert sein, dass sie entweder die Diffusionsplatte **530** oder den Schutz **536** verwendet. Der Schutz **536** kann ein in der Art eines Maschenwerks ausgebildeter Schutz sein, der eine bestimmte Form aufweist. Dieser Schutz kann auch an einer Stoßstange oder dergleichen angebracht sein. Der Schutz **536** ist zweckmäßig in solch einem Abstand vom Ende der Strömungsleitung beabstandet, dass eine unmittelbare Annäherung einer Entzündungsquelle an die Endöffnung im wesentlichen vermieden werden kann, ohne aus der Endöffnung strömendes Gas zu behindern. Des weiteren kann das Abschirmteil unter der Voraussetzung, dass eine unmittelbare Annäherung der Entzündungsquelle an die Endöffnung im wesentlichen vermieden werden kann, eine beliebige Lochzahl und einen beliebigen Porendurchmesser aufweisen.

[0136] Die Erfindung ist nicht auf die vorstehend beschriebene Ausführungsformen beschränkt, sondern kann verschiedenartig ausgeführt werden, ohne vom Wesen der Erfindung abzuweichen.

[0137] In der vorgenannten ersten und zweiten Ausführungsform wird die Erfindung auf ein Brennstoffzellensystem angeordnet, das als eine Wasserstoffgasversorgungsquelle den Behälter **200** mit der Wasserstoff absorbierenden Legierung oder den Hochdruckgasbehälter **300** verwendet. Die Erfindung ist jedoch nicht darauf beschränkt, sondern kann auch auf ein Brennstoffzellensystem angewandt werden, das als eine Wasserstoffgasversorgungsquelle einen Reformer zum Umwandeln eines Rohbrennstoffs und zum Erzeugen von Wasserstoffgas, oder dergleichen verwendet.

[0138] In der vorgenannten ersten und zweiten Ausführungsform strömt von der Brennstoffzelle **100** abgegebenes Wasserstoffabgas zur Hauptströmungsleitung **401** in der Weise zurück, dass es zirkuliert. Die Erfindung ist jedoch nicht auf Brennstoffzellensysteme dieser Bauart beschränkt, in der Wasserstoffgas zirkuliert. Die Erfindung kann auch

auf Brennstoffzellensysteme der Bauart angewandt werden, in der von der Brennstoffzelle **100** abgegebenes Wasserstoffabgas unmittelbar an die Atmosphäre abgegeben wird, anstatt eine Zirkulation des Wasserstoffgases zu bewirken.

[0139] Des weiteren ist es möglich, eine Konstruktion zu verwenden, bei der im Zusammenhang mit der Beschreibung der zweiten Ausführungsform erwähnte Brenner **510** stromabwärts der Stelle angeordnet ist, an der die im Zusammenhang mit der Beschreibung der dritten Ausführungsform erwähnte stromabwärtige Strömungsleitung **407a** und die Sauerstoffabgasauslassströmungsleitung **503** miteinander verschmelzen, und sowohl eine Reduzierung der Wasserstoffkonzentration basierend auf dem Wasserstoffverdünner **424** als auch eine Reduzierung der Wasserstoffkonzentration basierend auf einer im Brenner **510** stattfindenden katalytischen Reaktion zu erzielen.

[0140] Die dritte Ausführungsform kann auch so konzipiert sein, dass die Sauerstoffabgasauslassströmungsleitung **503** mit den Entlastungsströmungsleitungen **430**, **409** an deren Enden verschmilzt, oder dass der Wasserstoffverdünner **424** in jeder Entlastungsströmungsleitung **430**, **409** angeordnet ist, um sicherzustellen, dass Wasserstoffgas (Überdruckgas) mit Sauerstoffabgas vermischt und verdünnt wird.

[0141] Weiter kann die im Zusammenhang mit der Beschreibung der dritten Ausführungsform erwähnte Diffusionsplatte **530** am Ende jeder Entlastungsströmungsleitung **430**, **409** angeordnet sein, um sicherzustellen, dass von den Strömungsleitungen abgegebenes Wasserstoffgas überall verteilt und verdünnt wird. Die Diffusionsplatte **530** kann ferner am Ende der in Zusammenhang mit der Beschreibung der ersten und zweiten Ausführungsform erwähnten Sauerstoffabgasauslassströmungsleitung **503** angeordnet sein.

[0142] Es ist nicht zwingend, dass die im Zusammenhang mit der Beschreibung der dritten Ausführungsform erwähnte Diffusionsplatte **530** am Ende der Sauerstoffabgasauslassströmungsleitung **503** angeordnet ist. Die Diffusionsplatte **530** kann auf Seiten der Fahrzeugkarosserie (beispielsweise auf Seiten der Stoßstange, des Karosserierahmens, des Schutzes **536** oder dergleichen) in der Weise angeordnet sein, dass sie dem Abgasauslassanschluss **524** der Sauerstoffabgasauslassströmungsleitung **503** gegenüberliegt.

[0143] In der dritten Ausführungsform kann der Wasserstoffverdünner **424** die Mischkammer **424a** aufweisen, an deren Innenoberfläche eine Schicht aus dem Platinkatalysator **512** ausgebildet ist. Diese Konstruktion ermöglicht es, Wasserstoff mit Sauerstoffabgas zu mischen und zugleich Wasserstoff gemäß einer katalytischen Reaktion im Wasserstoffverdünner **424** zu entfernen. Daher kann die Wasserstoffkonzentration zuverlässig reduziert werden.

[0144] Wenngleich in der dritten Ausführungsform die Diffusionsplatte **530** dem Abgasauslassanschluss **524** am Ende der Sauerstoffabgasauslassströmungsleitung **503** gegenüberliegt, kann die dritte Ausführungsform auch wie folgt modifiziert werden. Fig. 11 ist eine schematische Ansicht, die die Sauerstoffabgasauslassströmungsleitung **503** und die Diffusionsplatte **530** gemäß einem Modifikationsbeispiel der Erfindung veranschaulicht.

[0145] Wie es in Fig. 11 gezeigt ist, weist die Sauerstoffabgasauslassströmungsleitung **503** den Abgasauslassanschluss **524** auf, dessen Durchmesser trompetenartig nach und nach aufgeweitet ist. Die Diffusionsplatte **530** weist die Form eines Kegels oder Kegelstumpfs auf und ist entweder innerhalb oder außerhalb der Öffnung des Abgasauslassanschlusses **524** angeordnet. Diese Konstruktion gestattet ebenfalls, die Wasserstoffkonzentration gleichmäßig zu reduzieren und Abgas (Wasserstoffabgas) durch Diffusion zu verdünnen. Da der Durchmesser des Abgasauslassanschlusses



ses 524 trompetenartig nach und nach aufgeweitet ist, kann in diesem Fall das Gas breiter zerstreut werden. Wenn außerhalb des Öffnungsrandes des Abgasauslassanschlusses 524 ein rohrförmiger Körper 531 angeordnet ist, wie es in Fig. 11 gezeigt ist, kann sich die aus dem Raum zwischen dem rohrförmigen Körper 531 und dem Öffnungsrand des Abgasauslassanschlusses 524 strömende Umgebungsatmosphäre mit dem aus dem Abgasauslassanschluss 524 strömenden Abgas vermischen. Auf diese Weise wird ein Kontakt zwischen dem Abgas und der Atmosphäre erzwungen. Dies ist erwünscht, da es den Wasserstoffverdünnungsprozeß entsprechend fördert.

[0146] In der dritten Ausführungsform wird Sauerstoffabgas in den Wasserstoffverdünner 424 durch die von der Sauerstoffabgasauslassströmungsleitung 503 abzweigende Strömungsleitung eingeleitet, wie es in Fig. 7 gezeigt ist. Jedoch ist es auch möglich, Sauerstoffabgas unter Verwendung einer Pumpe oder dergleichen zwangsweise einzuleiten. Dies ist von Vorteil, da der Verdünnungsprozeß des Wasserstoffabgases durch den Wasserstoffverdünner 424 erzwungenerweise gefördert wird.

[0147] Des weiteren kann der Dämpfer 413 der ersten Ausführungsform wie folgt modifiziert werden. Fig. 12 ist eine schematische Ansicht des Dämpfers 413 gemäß einem Modifikationsbeispiel der Erfindung. Wie es in Fig. 12 gezeigt ist, weist der Dämpfer 413 dieses Modifikationsbeispiels eine faltenbalgähnliche Seitenwand auf. Die faltenbalgähnliche Seitenwand des Dämpfers 413 ist normalerweise kontrahiert. Wenn diese faltenbalgähnliche Seitenwand ausgedehnt wird, nimmt sie aufgrund ihrer eigenen Elastizität wieder ihre ursprüngliche Gestalt an. Wenn aus dem Absperrventil 414 strömendes Wasserstoffabgas in den so ausgebildeten Dämpfer 413 (Wasserstoffabgas in Abhängigkeit vom Ein-Aus-Zustand des Ventils intermittierend in den Dämpfer 413) strömt, dehnt das in den Dämpfer 413 strömende Gas dessen faltenbalgähnliche Seitenwand und vergrößert dessen Volumen, wie es in Fig. 12 mit der Linie aus abwechselnd einem langen Strich und zwei kurzen Strichen gezeigt ist, wodurch ermöglicht wird, dass Wasserstoffabgas im Dämpfer zurückbleibt. Wenn der Dämpfer 413 aufgrund der Elastizität wieder seine ursprüngliche Gestalt annimmt, liefert er das in Dämpfer verbliebene Wasserstoffabgas in den stromabwärtigen Mischabschnitt 411. Daher kann Wasserstoffabgas zuverlässig mit Sauerstoffabgas vermischt werden.

[0148] Wenn gleich dieser faltenbalgähnliche Dämpfer 413 aufgrund seiner eigenen Elastizität in seine ursprüngliche Gestalt zurückkehrt, kann er auch so konzipiert sein, dass er in seine ursprüngliche Gestalt mit Hilfe einer Feder, einer Betätigungsvorrichtung oder dergleichen zurückkehrt.

#### Patentansprüche

1. On-board-Brennstoffzellensystem mit einer Brennstoffzelle (100), die mit Wasserstoffgas und Oxidationsgas versorgt wird, die unter Verwendung des Wasserstoffgases und Oxidationsgases elektrische Energie erzeugt, und die verbrauchtes Wasserstoffabgas und Sauerstoffabgas abgibt, **gekennzeichnet durch:** eine erste Strömungsleitung (407), die zu einem Wasserstoffabgasauslassanschluss (104) der Brennstoffzelle (100) führt und durch die das abgegebene Wasserstoffabgas strömt, eine zweite Strömungsleitung (503), die zu einem Sauerstoffabgasauslassanschluss der Brennstoffzelle (100) führt und durch die das abgegebene Sauerstoffabgas strömt, einen Mischabschnitt (411), der das abgegebene Was-

serstoffabgas und das abgegebene Sauerstoffabgas von der ersten Strömungsleitung (407) bzw. der zweiten Strömungsleitung (503) aufnimmt und das Sauerstoffabgas mit dem Wasserstoffabgas mischt, und eine dritte Strömungsleitung, die zum Mischabschnitt (411) führt und durch die das Mischgas strömt, so dass das Wasserstoffabgas an die Atmosphäre abgegeben wird.

2. On-board-Brennstoffzellensystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Mischabschnitt (411) eine Sauerstoffabgas einleitende Abzweigströmungsleitung (505) aufweist, die von der zweiten Strömungsleitung (503) abzweigt und in die Sauerstoffabgas von der zweiten Strömungsleitung (503) in der Weise eines Nebenschlusses aufnimmt, und eine Mischkammer (424a), zu der die Sauerstoffabgas einleitende Abzweigströmungsleitung (505) und die erste Strömungsleitung (407) führen und die das Wasserstoffabgas und Sauerstoffabgas miteinander mischt und ein derart vergrößertes Volumen aufweist, dass das Mischgas in die dritte Strömungsleitung strömen kann, und die zweite Strömungsleitung (503) mit der dritten Strömungsleitung stromabwärts einer Stelle zusammenläuft, an der die zweite Strömungsleitung (503) von der Sauerstoffabgas einleitenden Abzweigströmungsleitung (505) abzweigt.

3. On-board-Brennstoffzellensystem nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass in der zweiten Strömungsleitung (503) zwischen der Stelle, an der die zweite Strömungsleitung (503) von der Sauerstoffabgas einleitenden Abzweigströmungsleitung (505) abzweigt, und einer Stelle, an der die zweite Strömungsleitung mit der dritten Strömungsleitung zusammenläuft, ein Druckverlustteil (522) zum Bewirken eines Druckverlusts des durch die zweite Strömungsleitung (503) strömenden Fluids angeordnet ist.

4. On-board-Brennstoffzellensystem nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Druckverlustteil (522) ein Dämpfer ist.

5. On-board-Brennstoffzellensystem nach einem der Ansprüche 1 bis 4, gekennzeichnet durch des weiteren: einen katalytischen Reaktionsabschnitt (510), der im Mischabschnitt (411) oder in der Strömungsleitung für das Mischgas nach dem Mischabschnitt (411) angeordnet ist, den im Mischgas enthaltenen Wasserstoff und Sauerstoff mit Hilfe eines Katalysators miteinander reagieren lässt und die Wasserstoffkonzentration im Gas vermindert.

6. On-board-Brennstoffzellensystem nach Anspruch 5, gekennzeichnet durch des weiteren: einen Gas-Flüssigkeit-Separator (508), der in einer Leitung angeordnet ist, die sich vom Mischabschnitt (411) zum katalytischen Reaktionsabschnitt (510) erstreckt und das Mischgas von dessen flüssigen Anteilen befreit.

7. On-board-Brennstoffzellensystem nach einem der Ansprüche 1 bis 6, gekennzeichnet durch des weiteren: ein Ventil (414), das in der ersten Strömungsleitung (407) angeordnet ist und in der Weise geöffnet oder geschlossen wird, dass das Wasserstoffabgas in den Mischabschnitt (411) strömen kann bzw. daran gehindert wird, in den Mischabschnitt (411) zu strömen.

8. On-board-Brennstoffzellensystem nach Anspruch 7, gekennzeichnet durch des weiteren: eine Wasserstoffgasversorgungsquelle (200) zum Bereitstellen von Wasserstoffgas, eine vierte Strömungsleitung (401), die zu einem Was-



serstoffgaszufuhranschluss (104) der Brennstoffzelle (100) führt und durch die das bereitgestellte Wasserstoffgas strömt, und eine fünfte Strömungsleitung (403), die eine erste Stelle in der ersten Strömungsleitung (407) zwischen dem Auslassanschluss (104) der Brennstoffzelle (100) und dem Ventil (414) mit einer zweiten Stelle in der vierten Strömungsleitung (401) verbindet und durch die das von der Brennstoffzelle (100) abgegebene Wasserstoffabgas zum Zurückströmen zur vierten Strömungsleitung (401) strömt.

9. On-board-Brennstoffzellensystem nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Wasserstoffgasversorgungsquelle (200) eine Wasserstoffgas absorbierende Legierung enthält, die in der Lage ist, Wasserstoffgas zu absorbieren und abzugeben.

10. On-board-Brennstoffzellensystem nach Anspruch 9, gekennzeichnet durch des weiteren: eine Pumpe (410), die in der fünften Strömungsleitung (403) angeordnet ist und durch die das von der Brennstoffzelle (100) abgegebene Wasserstoffabgas zur vierten Strömungsleitung (401) gefördert wird, und eine sechste Strömungsleitung (405), durch die Wasserstoffgas von der Wasserstoffgas absorbierenden Legierung (200) zur Pumpe (410) strömt, und dadurch, dass von der Wasserstoffgas absorbierenden Legierung (200) bereitgestelltes Wasserstoffgas über die Pumpe (410) der Brennstoffzelle (100) zugeführt wird, wenn die Wasserstoffgas absorbierende Legierung (200) eine niedrige Temperatur hat.

11. On-board-Brennstoffzellensystem nach einem der Ansprüche 7 bis 10, gekennzeichnet durch des weiteren: eine siebte Strömungsleitung (501), die zu einem Oxidationsgaszufuhranschluss der Brennstoffzelle (100) führt und durch die das zugeführte Oxidationsgas strömt, einen Strömungsratenänderungsabschnitt (504), der in der zweiten Strömungsleitung (503) oder der siebten Strömungsleitung (501) angeordnet ist und die Strömungsrate des abgegebenen Sauerstoffabgases ändern kann, und einen Steuerungsabschnitt (50), der das Ventil (414) und den Strömungsratenänderungsabschnitt (504) steuert, und dadurch, dass der Steuerungsabschnitt (50) die Strömungsrate des abgegebenen Sauerstoffabgases ausgehend von einer vorgegebenen Strömungsrate mittels des Strömungsratenänderungsabschnitts (504) erhöht, wenn das Ventil (414) geöffnet wird.

12. On-board-Brennstoffzellensystem nach einem der Ansprüche 7 bis 10, gekennzeichnet durch des weiteren: eine siebte Strömungsleitung (501), die zu einem Oxidationsgaszufuhranschluss der Brennstoffzelle (100) führt und durch die das zugeführte Oxidationsgas strömt, einen Strömungsratenänderungsabschnitt (504), der in der zweiten Strömungsleitung (503) oder der siebten Strömungsleitung (501) angeordnet ist und die Strömungsrate des abgegebenen Sauerstoffabgases ändern kann, und einen Steuerungsabschnitt (50), der das Ventil (414) und den Strömungsratenänderungsabschnitt (504) steuert, und dadurch, dass

der Steuerungsabschnitt (50) das Ventil (414) mittels des Strömungsratenänderungsabschnitts (504) öffnet, wenn die Strömungsrate des abgegebenen Sauerstoffabgases größer ist als eine vorgegebene Strömungsrate.

13. On-board-Brennstoffzellensystem nach einem der Ansprüche 7 bis 10, gekennzeichnet durch des weiteren: einen Steuerungsabschnitt (50), der das Ventil (414) steuert, und dadurch, dass der Steuerungsabschnitt (50) das Ventil (414) in Intervallen von einer relativ kurzen Zeitdauer öffnet und schließt, wenn das abgegebene Sauerstoffabgas dem Mischabschnitt (411) zugeführt wird.

14. On-board-Brennstoffzellensystem nach einem der Ansprüche 7 bis 10, gekennzeichnet durch des weiteren: einen Strömungsratenreduzierabschnitt (413), der in der ersten Strömungsleitung (407) zwischen dem Ventil (414) und dem Mischabschnitt (411) angeordnet ist, die Strömungsrate des vom Ventil (414) ausströmenden Wasserstoffabgases reduziert und das Wasserstoffabgas dem Mischabschnitt (411) zuführt.

15. On-board-Brennstoffzellensystem nach einem der Ansprüche 7 bis 10, gekennzeichnet durch des weiteren: einen Steuerungsabschnitt (50), der das Ventil (414) steuert, und dadurch, dass der Steuerungsabschnitt (50) das Ventil (414) öffnet, wenn die Wasserstoffkonzentration im abgegebenen Wasserstoffabgas unter eine Referenzkonzentration fällt.

16. On-board-Brennstoffzellensystem nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass am Ende der dritten Strömungsleitung ein Diffusionsteil (530) zum Verteilen des aus einer Endöffnung der dritten Strömungsleitung strömenden Gases in radialer Richtung der Öffnung angeordnet ist.

17. On-board-Brennstoffzellensystem nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass am Ende der dritten Strömungsleitung in einem vorgegebenen Abstand hiervon ein Abschirmteil (536) in der Weise angeordnet ist, dass es das Ende abschirmt, und das Abschirmteil (536) wenigstens eine Öffnung aufweist, deren Durchmesser gleich oder größer ist als ein vorgegebener Durchmesser.

18. On-board-Brennstoffzellensystem nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass das Abschirmteil (536) entweder in der Art eines Maschenwerks oder eines Stanzwerks löchrig ausgebildet ist.

19. On-board-Brennstoffzellensystem nach einem der Ansprüche 1 bis 18, des weiteren gekennzeichnet durch: eine vierte Strömungsleitung (501), die zu einem Oxidationsgaszufuhranschluss der Brennstoffzelle (100) führt und durch die das zugeführte Oxidationsgas strömt, einen Gas-Flüssigkeit-Separator (520), der in der zweiten Strömungsleitung (503) angeordnet ist und flüssige Anteile von dem abgegebenen Sauerstoffabgas trennt, und eine fünfte Strömungsleitung (601), die zum Gas-Flüssigkeit-Separator (520) führt und durch die die durch den Gas-Flüssigkeit-Separator (520) abgetrennte Flüssigkeit der vierten Strömungsleitung (501) zugeführt wird.

20. On-board-Brennstoffzellensystem nach einem der

Ansprüche 1 bis 19, gekennzeichnet durch des weiteren:  
 eine vierte Strömungsleitung (501), die zu einem Oxidationsgaszufuhranschluss der Brennstoffzelle (100) führt und durch die das zugeführte Oxidationsgas strömt, und  
 einen Wasserdampftauscher (506), der Wasserdampf zwischen dem der Brennstoffzelle (100) über die vierte Strömungsleitung (501) zugeführten Oxidationsgas und dem vom Sauerstoffabgasauslassanschluss der Brennstoffzelle (100) über die zweite Strömungsleitung (503) abgegebenen Sauerstoffabgas austauscht.  
 21. On-board-Brennstoffzellensystem, gekennzeichnet durch:  
 eine Brennstoffzelle (100), die mit Wasserstoffgas und Oxidationsgas versorgt wird, die unter Verwendung des Wasserstoffgases und Oxidationsgases elektrische Energie erzeugt, und die verbrauchtes Wasserstoffabgas und Sauerstoffabgas abgibt,  
 eine Auslassströmungsleitung, durch die von der Brennstoffzelle (100) abgegebenes Wasserstoffabgas oder ein Gas, das Wasserstoffabgas enthält, an die Atmosphäre abgegeben wird, und  
 ein Diffusionsteil (530), das an einem Ende der Auslassströmungsleitung angeordnet ist und ein aus einer Öffnung am Ende der Auslassströmungsleitung strömendes Gas in radialer Richtung der Öffnung verteilt.  
 22. On-board-Brennstoffzellensystem nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, dass  
 am Ende der Auslassströmungsleitung in einem vorgegebenen Abstand hiervon ein Abschirmteil (536) in der Weise angeordnet ist, dass es das Ende abschirmt, und das Abschirmteil (536) wenigstens eine Öffnung aufweist, deren Durchmesser gleich oder größer ist als ein vorgegebener Durchmesser.  
 23. On-board-Brennstoffzellensystem nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, dass das Abschirmteil (536) entweder in der Art eines Maschenwerks oder eines Stanzwerks löchrig ausgebildet ist.  
 24. Verfahren zum Abgeben von Wasserstoffabgas an die Atmosphäre bei einer On-board-Brennstoffzelle (100), die mit Wasserstoffgas und Oxidationsgas versorgt wird, die unter Verwendung des Wasserstoffgases und Oxidationsgases elektrische Energie erzeugt, und die verbrauchtes Wasserstoffabgas und Sauerstoffabgas abgibt, gekennzeichnet durch folgende Schritte:  
 Mischen des von der Brennstoffzelle (100) abgegebenen Wasserstoffabgases mit dem abgegebenen Sauerstoffabgas, und  
 Abgeben des Mischgases an die Atmosphäre.  
 25. Verfahren nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, dass  
 der Schritt des Mischens der Gase die Schritte Einleiten des von der Brennstoffzelle (100) abgegebenen Wasserstoffabgases in eine Mischkammer (424a), die ein vergrößertes Volumen aufweist, von einer ersten Strömungsleitung (407), durch die das Wasserstoffabgas strömt, Einleiten des von der Brennstoffzelle (100) abgegebenen Sauerstoffabgases in die Mischkammer (424a) von einer Abzweigströmungsleitung (505), die von einer zweiten Strömungsleitung (503) abzweigt, durch die das Sauerstoffabgas strömt, und Abgeben der in der Mischkammer (424a) vermischten Gase an eine dritte Strömungsleitung, die zur Mischkammer (424a) führt, beinhaltet, und  
 der Schritt des Abgebens des Mischgases die Schritte Vereinen der zweiten Strömungsleitung (503) mit der dritten Strömungsleitung stromabwärts einer Stelle, an

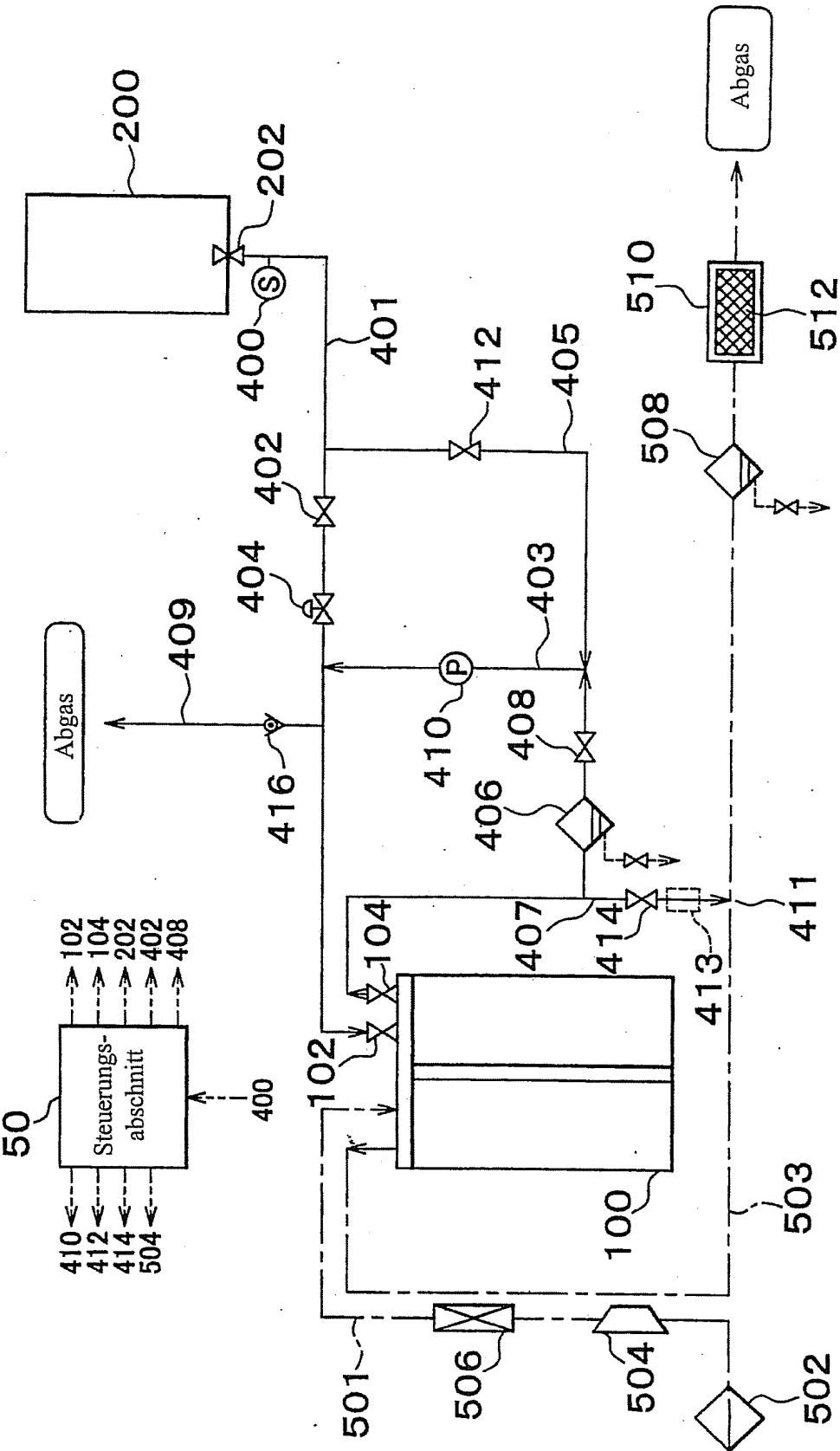
der die Abzweigströmungsleitung (505) von der zweiten Strömungsleitung (503) abzweigt, und Abgeben der Gase an die Atmosphäre beinhaltet.  
 26. Verfahren nach Anspruch 24 oder 25, dadurch gekennzeichnet, dass der Schritt des Abgebens des Mischgases die Schritte Bewirken, dass im Mischgas enthaltener Wasserstoff und Sauerstoff mit Hilfe eines Katalysators miteinander reagieren, um die Wasserstoffkonzentration im Gas zu vermindern, und Abgeben des Gases, dessen Wasserstoffkonzentration so vermindert wurde, an die Atmosphäre beinhaltet.  
 27. Verfahren nach einem der Ansprüche 24 bis 26, dadurch gekennzeichnet, dass der Schritt des Mischens der Gase den Schritt Erhöhen der Strömungsrate des von der Brennstoffzelle (100) abgegebenen Sauerstoffabgases ausgehend von einer vorgegebenen Strömungsrate, wenn das Wasserstoffabgas mit dem Sauerstoffabgas vermischt wird, beinhaltet.  
 28. Verfahren nach einem der Ansprüche 24 bis 26, dadurch gekennzeichnet, dass der Schritt des Mischens der Gase den Schritt Mischen des Wasserstoffabgases mit dem Sauerstoffabgas, wenn die Strömungsrate des von der Brennstoffzelle (100) abgegebenen Sauerstoffabgases größer ist als eine vorgegebene Strömungsrate, beinhaltet.  
 29. Verfahren nach einem der Ansprüche 24 bis 26, dadurch gekennzeichnet, dass der Schritt des Mischens der Gase den Schritt Mischen des Wasserstoffabgases mit dem Sauerstoffabgas zu diskreten Zeitpunkten, die in Intervallen von einer relativ kurzen Zeitdauer liegen, beinhaltet.  
 30. Verfahren nach einem der Ansprüche 24 bis 26, dadurch gekennzeichnet, dass der Schritt des Mischens der Gase die Schritte Reduzieren der Strömungsrate des von der Brennstoffzelle abgegebenen Wasserstoffabgases und Mischen des Wasserstoffabgases, dessen Strömungsrate so vermindert wurde, mit dem Sauerstoffabgas beinhaltet.

---

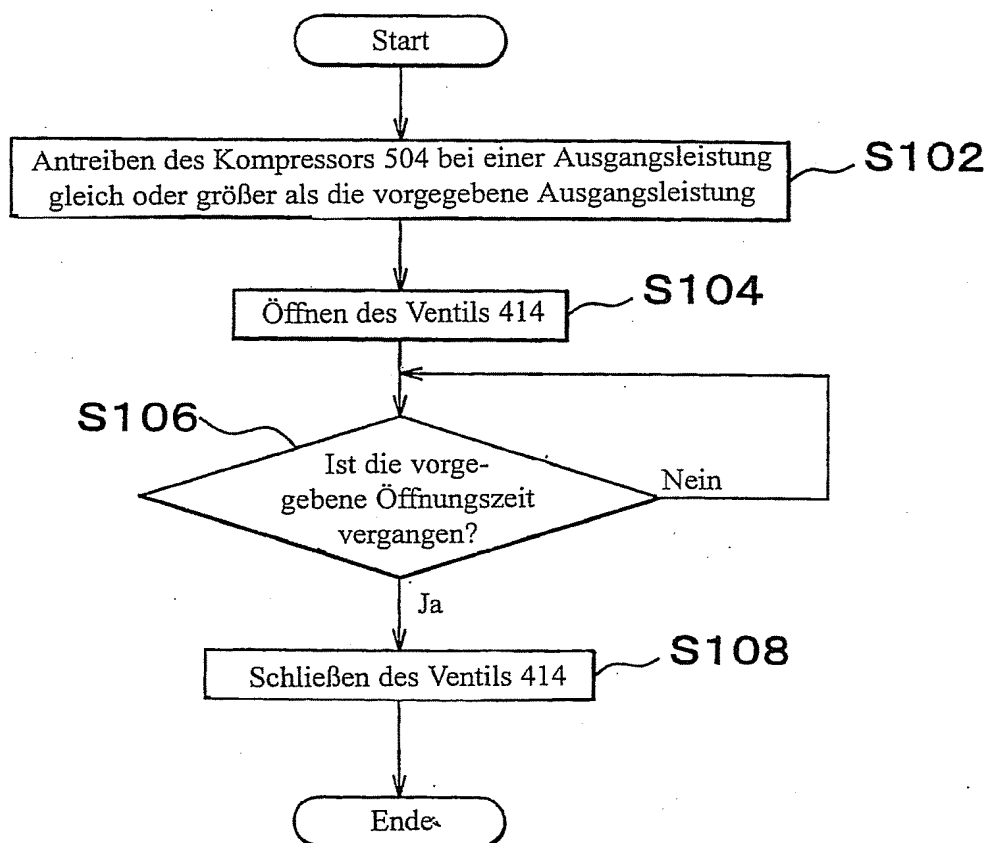
Hierzu 12 Seite(n) Zeichnungen

---

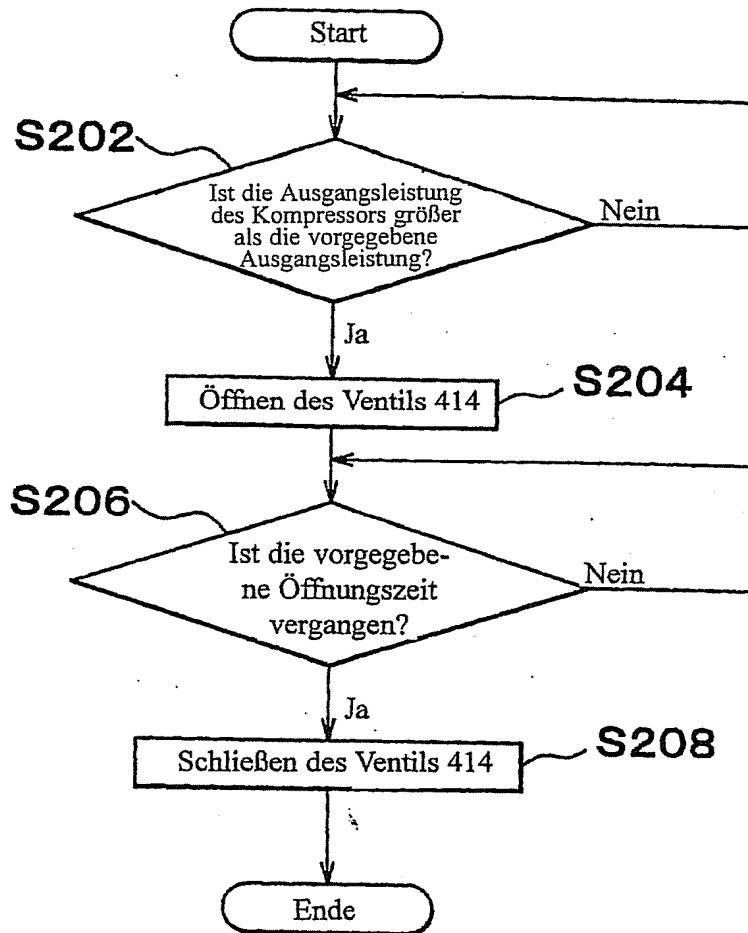
FIG. 1



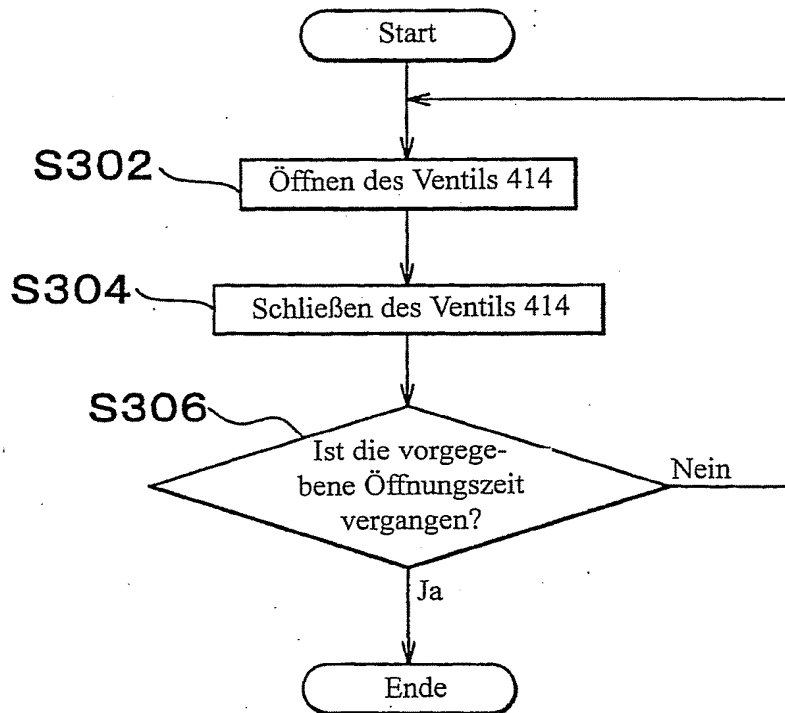
## FIG. 2



# FIG. 3



# FIG. 4





# FIG. 5

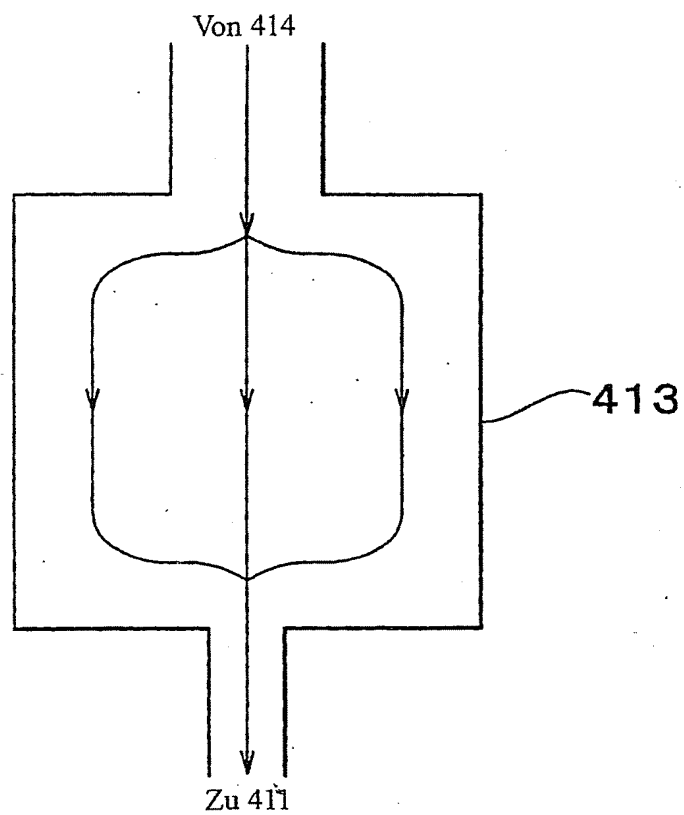


FIG. 6

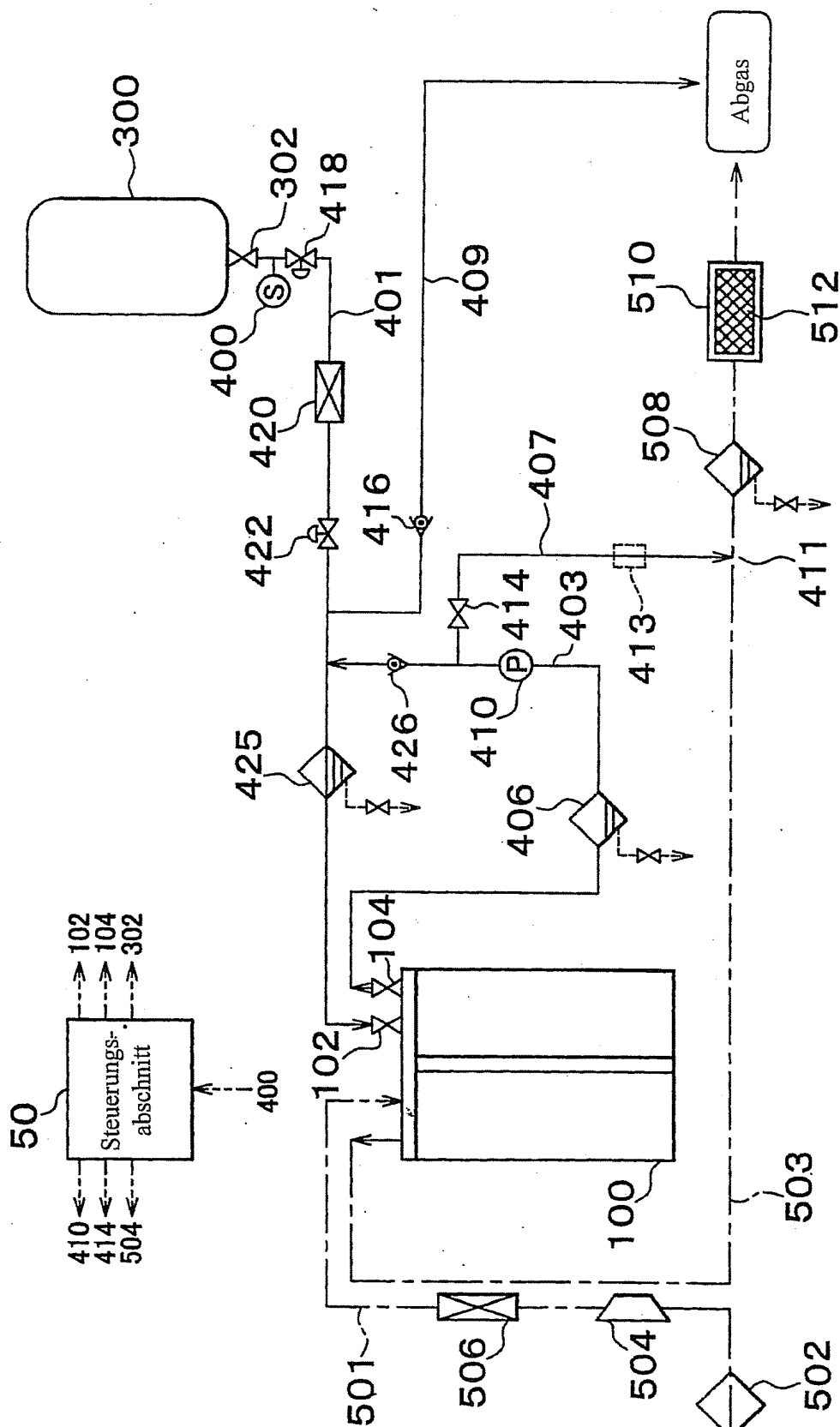
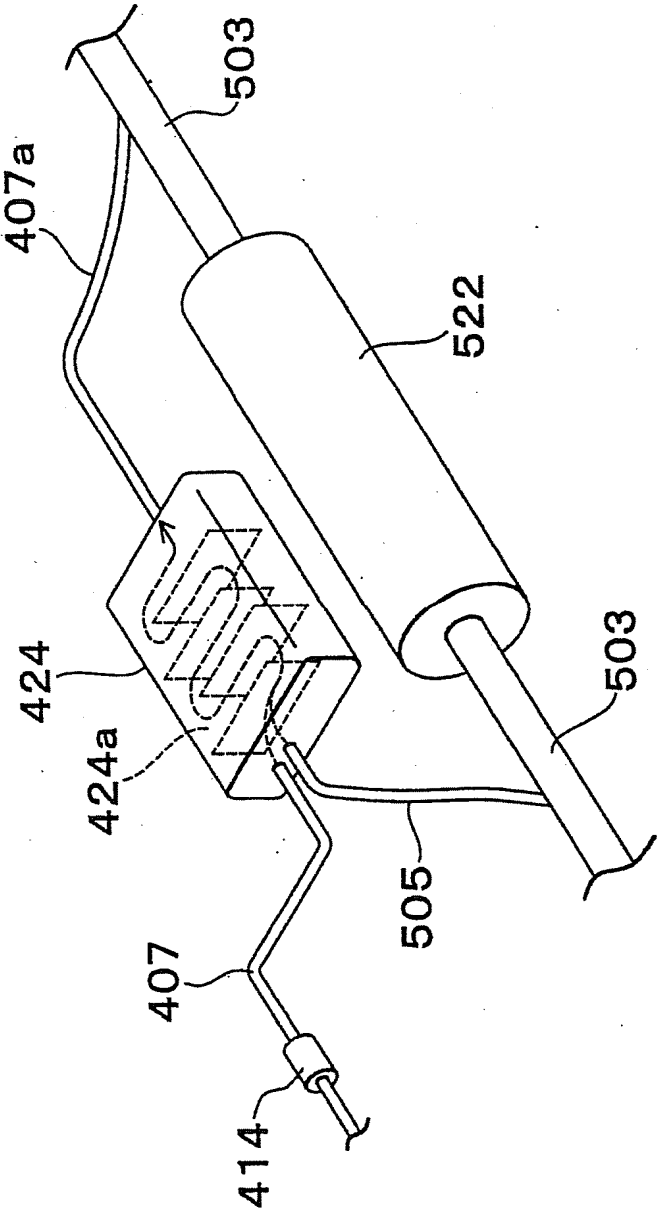




FIG. 8



# FIG. 9

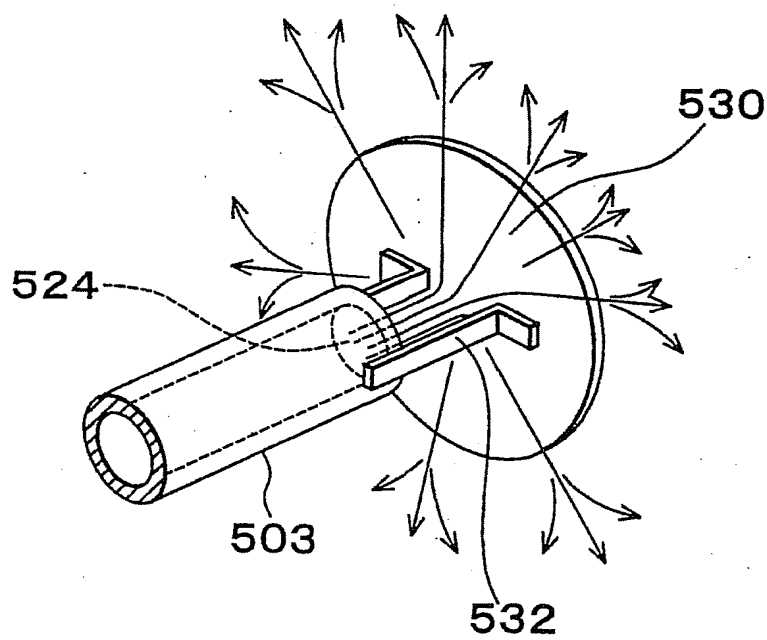
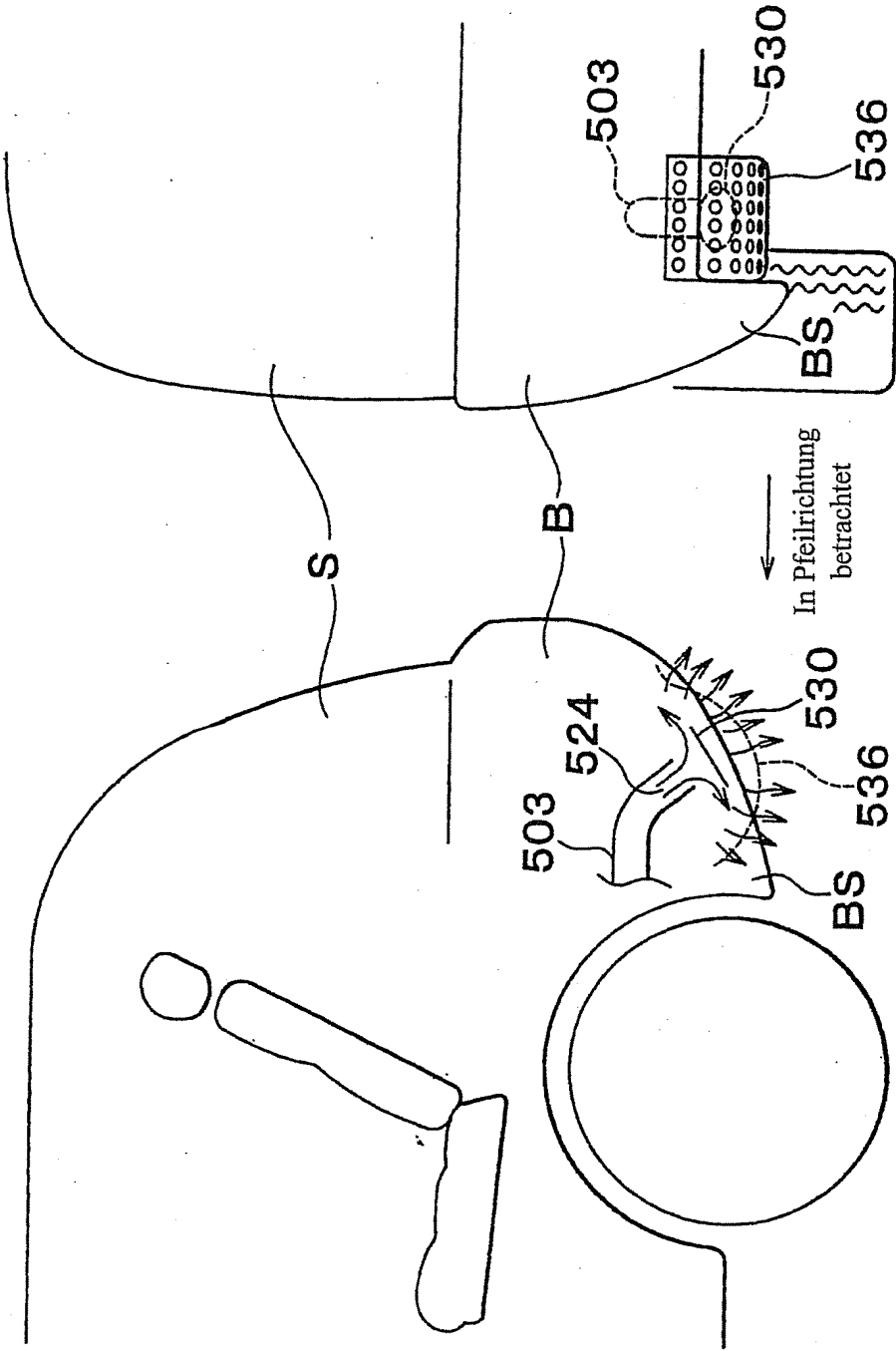


FIG. 10





# FIG. 11

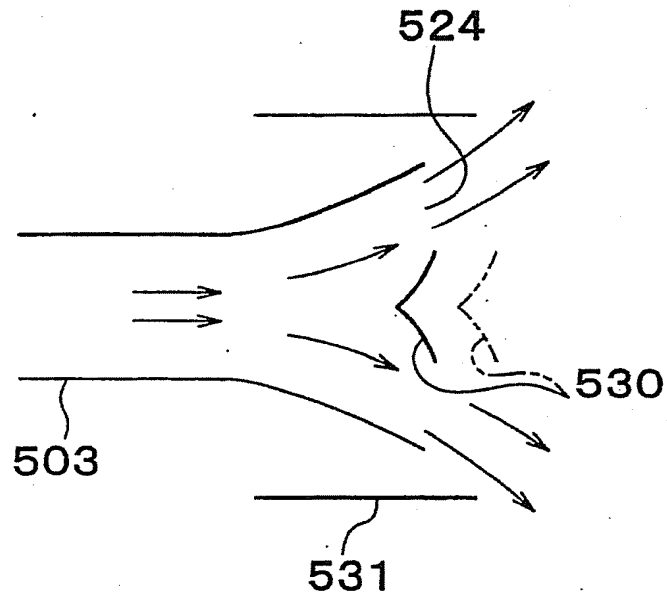


FIG. 12

